



Universidade Federal da Paraíba  
Centro de Ciências e Tecnologia  
Departamento de Engenharia Elétrica

## Relatório de Estágio

Fabício Gerônimo Simões Silva

Engenharia de Tráfego e RDSI

Relatório apresentado à coordenação de Estágio em  
Engenharia Elétrica da UFPB, como parte dos  
requisitos necessários à obtenção do título de  
Engenheiro Eletricista

Campina Grande-PB, 1 de dezembro de 1999



Biblioteca Setorial do CDSA. Fevereiro de 2021.

Sumé - PB

## Índice

Telemar-----	Pag.1
Introdução-----	Pag. 2
1- Sistema Telefônico RTPC-----	Pag.4
2- Introdução a comutação digital-----	Pag.6
2.1- Comutação espacial-----	Pag.7
2.2- Características do comutador espacial-----	Pag.8
2.3- Comutação temporal-----	Pag.8
2.4- Características do Comutador Temporal-----	Pag.9
3-Engenharia de Tráfego-----	Pag.9
4-Conceitos Básicos de Tráfego-----	Pag.10
4.1- Volume de Tráfego-----	Pag.10
4.2- Período de Observação-----	Pag.11
4.3- Tempo Médio de Ocupação-----	Pag.11
4.4- Intensidade de Ocupação-----	Pag.12
4.5- Intensidade de Tráfego-----	Pag.12
5- Demanda, Tráfego Oferecido e Escoado, Congestionamento e Perdas-----	Pag.13
6- Comportamento dos Sistemas de Tráfego-----	Pag.14
6.1- Tratamento dada as chamadas recusadas na primeira tentativa-----	Pag.15
6.2- Distribuição dos Tempos de Ocupação-----	Pag.15
6.3- Acessibilidade-----	Pag.16
6.4- Variações de tráfego-----	Pag.16
7- Sistemas com perdas-----	Pag.17
7.1- Fórmula de Erlang-----	Pag.17
7.2- Fórmula de Engset-----	Pag.19
8- Estudo de caso-----	Pag.20
9-RDSI-----	Pag.24
10- Conceitos Básicos de RDSI-----	Pag.24
10.1- Serviços de Suporte-----	Pag.28
11- Protocolo de Sinalização SS7-----	Pag.29
12- Configuração Básica (BRI) -----	Pag.30
13- Configuração Primária-----	Pag.31

14- Camadas da OSI-----	Pag.32
15- Camada Física- Acesso Básico-----	Pag.32
15.1- Procedimentos da Camada Física-----	Pag.33
15.1.1- Controle de Acesso ao Canal D-----	Pag.33
15.1.2- Ativação/Desativação-----	Pag.34
16- Codificação de Linha-----	Pag.35
17- Camada Física- Acesso Primário-----	Pag.37
18- Camada 2- Enlace de Dados-----	Pag.38
18.1- Procedimentos da camada de enlace de dados-----	Pag.40
19- Camada 3- Camada de rede-----	Pag.41
19.1- Procedimento da camada de rede-----	Pag.42
20-Serviço de Suporte-----	Pag.44
21-Acesso à Internet-----	Pag.46
22-Videoconferência-----	Pag.49
Conclusão-----	Pag.50
Referências Bibliográficas-----	Pag.51

## Telemar

Em julho de 1998, foi realizado o leilão de todas as operadoras do sistema Telebrás. A Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações) órgão criado pelo governo para regulamentar o leilão e estabelecer metas para as novas empresas, dividiu o Brasil em três regiões. A região 1 engloba os Estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Maranhão, Piauí, Bahia e Amazonas. A segunda região engloba o estado de São Paulo e a terceira, os demais estados.

Dentre os grupos estrangeiros e nacionais dispostos a comprar as operadoras de Telecomunicações, um consórcio comprou as operadoras da região 1 e nomeou uma nova empresa de Telecomunicações para atender esta região, a Telemar.

A Telemar possui uma área de atuação de dimensões geográficas, abrange uma parcela significativa do Brasil. Para facilitar a administração optou-se em descentralizar a gerência, criando cinco núcleos. O Rio de Janeiro, Minas Gerais, Bahia, Pernambuco e Ceará correspondem aos núcleos administrativos da Telemar. Os outros estados estão subordinados a estes núcleos. A Telemar de Alagoas (Telemar-AL) está subordinada, juntamente com Sergipe, ao núcleo administrativo da Bahia.

A Telemar-AL presta serviços de telefonia fixa, interliga a rede de telefonia móvel, prover acesso a internet e serviços de comunicação de dados.

A área técnica da empresa é dividida em quatro áreas: Operação e Manutenção, Planejamento e Engenharia, Comunicação de Dados e Gerência de Rede. A divisão de Operação e Manutenção é formada em sua maioria por técnicos responsáveis pelo adequado funcionamento dos equipamentos de transmissão e comutação. A segunda divisão compreende a comunicação de dados, responsável pela implantação e manutenção de equipamentos da rede de dados. A gerência de rede supervisiona e tarifa a rede telefônica.

O estágio foi realizado na **D**ivisão de **P**lanejamento e **E**ngenharia (**DIPE**). Essa divisão é responsável pela implantação de novas tecnologias e planejamento da expansão dos serviços prestados pela rede em função da demanda dos usuários.

## Introdução

Com o advento do telefone, as ligações telefônicas tornaram-se caóticas à medida que o número de usuários crescia. Isto porque cada usuário possuía uma ligação ponto a ponto com a pessoa que desejava estabelecer comunicação. Ou melhor, se o usuário A desejasse falar com o usuário B, deveria existir um circuito físico interligando os dois usuários. Isto acontecia também para o caso do usuário A desejasse conversar com um usuário C. Havia, também, um circuito interligando A com C. Portanto, uma conexão ponto a ponto para cada pessoa que o usuário A desejasse falar. De um modo simples, de um único ponto (um determinado usuário) partia vários circuitos físicos interligando possíveis usuários onde o mesmo poderia originar chamadas.

Considerando uma quantidade  $n$  de usuários, seriam necessários  $x$  pares trançados para interligar todos estes telefones. A equação abaixo calcula o valor  $x$  de pares trançados, dado um número  $n$  de usuários.

$$x = \binom{n}{2} = \frac{n!}{2!(n-2)!}$$

Considerando uma rede com quatro telefones ( $n=4$ ), seriam necessários 6 pares trançados para permitir a interligação de todos os telefones e garantir a conversação entre todos os usuários. Se o número de telefones ( $n$  aumentar), o número de pares trançados cresce de forma vertiginosa. Para 1000 telefones, seriam necessários 499.500 pares trançados. É evidente que o número de pares trançados tornariam economicamente inviável qualquer rede telefônica de dimensões geográficas.

Com o intuito de evitar esta situação era necessário criar um ponto onde todas as conexões telefônicas fossem concentradas num ponto e justamente neste ponto, uma chamada originada deveria ser encaminhada para o usuário destino. Considerando esta premissa foram criadas as centrais. A operação de encaminhar uma chamada telefônica a um usuário destino é chamada de comutação. Utilizando-se deste conceito, a central é nada mais do que o ponto da rede telefônica que estabelece um circuito interligando usuários diferentes que desejam conversar

As centrais locais foram criadas e passaram a interligar todos usuários. Inicialmente uma telefonista fazia a operação de interligar um determinado usuário ao usuário destino. O usuário solicitava a telefonista o usuário que o mesmo desejava se comunicar. Por meio de um

*juniper*, os usuários eram conectados. A telefonista realizava manualmente a comutação, interligando dois usuários a pedido do usuário que originou a chamada.

Atualmente, esta operação é feita de modo automático. A comutação é gerenciada por um software armazenado na memória da própria central de comutação. O trabalho que era realizado pela telefonista, agora é feito de modo eletrônico.

Todas as centrais telefônicas são conectadas entre si. A comutação deve atender a chamadas para fora da cidade. No momento que uma chamada é encaminhada para fora da cidade, é alocada, por parte da chamada originada, um meio de transmissão que interligue as centrais, seja rádio ou fibra óptica. Neste instante, a comutação trabalha em conjunto com a transmissão. Estes dois setores estão muito próximos depois da digitalização da rede. Apesar disto, esse relatório não contém nenhum tópico relacionado a transmissão.

O trabalho presente neste relatório foi desenvolvido com base no estágio realizado na Telemar-AL, mais especificamente no DIPE (Divisão de Engenharia e Planejamento) no setor de comutação.

A Telemar é uma empresa de telecomunicações que presta serviços de telefonia fixa e comunicação de dados às regiões Nordeste, Norte e Sudeste. A Telemar-AL é apenas uma segmentação da empresa Telemar, responsável pela venda de serviços de telecomunicações ao estado de Alagoas.

O estágio resultou em dois tipos de trabalhos. O primeiro aborda conceitos de engenharia de tráfego. Este primeiro tema, explora a caracterização do tipo de tráfego, ferramentas de medição aplicada ao tráfego e o dimensionamento de juntores que possam atender uma determinada intensidade de tráfego (número de chamadas telefônicas). Dentro deste tema, foi citado um trabalho realizado na Telemar-AL, a expansão das centrais telefônicas do interior de Alagoas para o ano 2000.

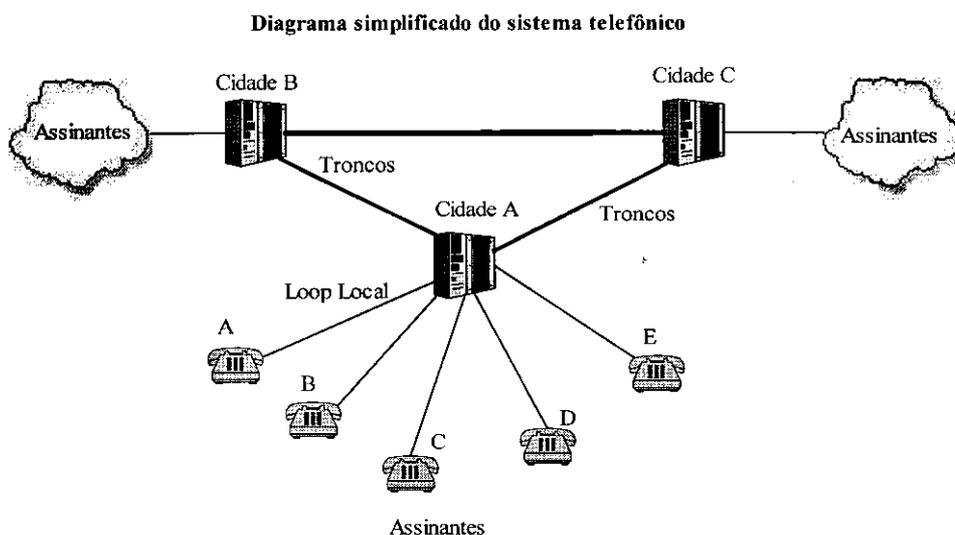
O segundo tema explora uma facilidade oferecida ao usuário pela tecnologia digital, a RDSI. Este segundo tema faz parte do projeto de digitalização da rede à nível de usuário. Todo empenho em digitalizar a rede telefônica consistia apenas em trocar a tecnologia das centrais telefônicas. Do ponto de vista do usuário, as facilidades oferecidas pela tecnologia digital não eram totalmente aproveitadas. Hoje, existem tecnologias que aproveitam o par trançado para transmissão de dados a taxas relativamente altas. A RDSI garante o tráfego de dados, voz, vídeo e áudio pelo simples par trançado da linha telefônica. Neste tema, são abordados o estudo e um exemplo de aplicação da RDSI.

## 1- Sistema Telefônico (RTPC)

O sistema telefônico é uma rede com dimensões geográficas que tem o objetivo de provê comunicação de voz ponto a ponto entre dois usuários. O sistema opera em função do estabelecimento de um circuito físico (comutação de circuito) ou de um circuito virtual (comutação de pacote) entre os usuários.

Basicamente, todos os usuários são conectados a uma companhia telefônica e todas as companhias telefônicas são interligadas. A figura abaixo ilustra o modo como as companhias e os usuários são interligados. A conexão entre os usuários e a companhia telefônica local são feitas por par trançado, chamado de loop local. A largura de banda do loop local é mantida pela central telefônica dentro da faixa de 300Hz a 3400Hz. Esta faixa garante a inteligibilidade do sinal de voz [4].

A conexão entre as companhias telefônicas é estabelecida por troncos, ver figura 1. Um tronco é nada mais do que um *link* entre as centrais telefônicas. Neste ponto do sistema telefônico, uma alta largura de banda é disponibilizada para dar maior vazão ao tráfego de voz e/ou dados entre as centrais telefônicas. Atualmente, a conexão entre as centrais é realizada por enlace de rádio e/ou por fibra óptica. Cada usuário pode acessar um juntor dentro de um tronco e estabelecer uma comunicação com usuários conectados em outra central telefônica. O juntor é nada mais do que um circuito ou canal que pode ser usado como *link* entre usuários que desejam estabelecer comunicação. Um tronco possui um número N de juntores interligando centrais diferentes.



**Figura 1- Diagrama simplificado do sistema telefônico**

Quando o sistema telefônico foi desenvolvido, sua finalidade era de interligar os usuários e garantir um meio seguro para estabelecimento de comunicação de voz. Devido a sua concepção, o sistema telefônico não é um meio seguro para o tráfego de dados. A largura de banda exigida para o tráfego de dados é maior do que largura de banda disponibilizada para os sinais de voz (3100Hz).

Atualmente, com o crescente mercado da comunicação de dados, Internet, Videoconferência, e-mail, vídeo on demand, HDTV, entre outros serviços. As companhias telefônicas foram obrigadas a digitalizar suas centrais.

A digitalização das companhias telefônicas foi concebida com a utilização de uma técnica de digitalização chamada PCM (*Pulse Modulation Code*). A técnica consiste em amostrar o sinal, quantizar e codificar cada amostra quantizada. A digitalização das companhias telefônicas trouxe inúmeras vantagens:

- ✓ Capacidade de regeneração;
- ✓ Melhor imunidade ao ruído;
- ✓ Facilidade de multiplexação;
- ✓ Facilidade de sinalização.

#### Capacidade de regeneração e melhor imunidade ao ruído:

A capacidade de regeneração de um sinal é muito importante em longas transmissões. A regeneração consiste na recuperação da fidelidade do sinal gerado pelo usuário. Durante o percurso do sinal, a ação de ruídos deforma o sinal. No caso do sinal analógico, o ruído vai atacando o sinal do usuário. O efeito do ruído vai se acumulando ao longo do percurso e amplificado cada vez que passa por uma estação retransmissora. O resultado é um sinal sem inteligibilidade e algumas vezes impróprio para o estabelecimento da comunicação.

A regeneração de um sinal digital consiste na interpretação de níveis de tensão ( $V_{high}$  e  $V_{low}$ ) que representam, respectivamente, seus níveis lógicos (1 e 0). O equipamento regenerador apenas interpreta dois valores de tensão, rejeitando qualquer nível de tensão intermediário. Quanto maior a distância entre os níveis de tensão  $V_{high}$  e  $V_{low}$ , maior a imunidade do sinal digital ao ruído. Diferentemente da regeneração do sinal analógico, onde o sinal é amplificado juntamente com o ruído, a regeneração do sinal digital consiste apenas em deduzir dois valores de tensão.

A ação de ruído sobre o sinal digital é indesejável quando a energia associada ao ruído é forte o suficiente a ponto de converter um bit 1 em 0, ou vice-versa. Quando ocorre isto, o regenerador interpreta mal o nível de tensão do sinal digital, alterando um bit da palavra PCM.

A representação do sinal analógico por sinal digital, garante uma melhor performance do sinal quando submetido a presença de ruídos (melhor imunidade ao ruído) de qualquer natureza. Esta propriedade garante, teoricamente, que o sinal digital será regenerado sem erro.

#### Sinalização:

Os sinais de sinalização garantem a integridade no estabelecimento da conexão entre dois usuários, como também, a quebra deste 'link'. O sinal de sinalização pode ser um sinal indicativo de que o usuário chamado está ocupado, um alarme de quadro, um sinal de tarifação da chamada, entre outros. Este sinal de sinalização é trocado entre as companhias telefônicas. Com a digitalização das companhias telefônicas, a implementação deste tipo de serviço ficou facilitado. As informações de controle são codificadas e transmitidas juntas sobre o mesmo canal digital.

#### Facilidade de Multiplexação:

A multiplexação é uma técnica muito empregada nos sistemas telefônicos. O seu uso garante que vários usuários possam compartilhar de um único meio de transmissão. Existem dois tipos de multiplexação, FDM (multiplexação por divisão de frequência) e TDM (multiplexação por divisão no tempo), a mais utilizada. A multiplexação TDM possui equipamentos mais baratos. Além do mais, a implementação desta técnica de multiplexação é facilitada pelo uso de tecnologia digital.

## **2- Introdução a Comutação Digital**

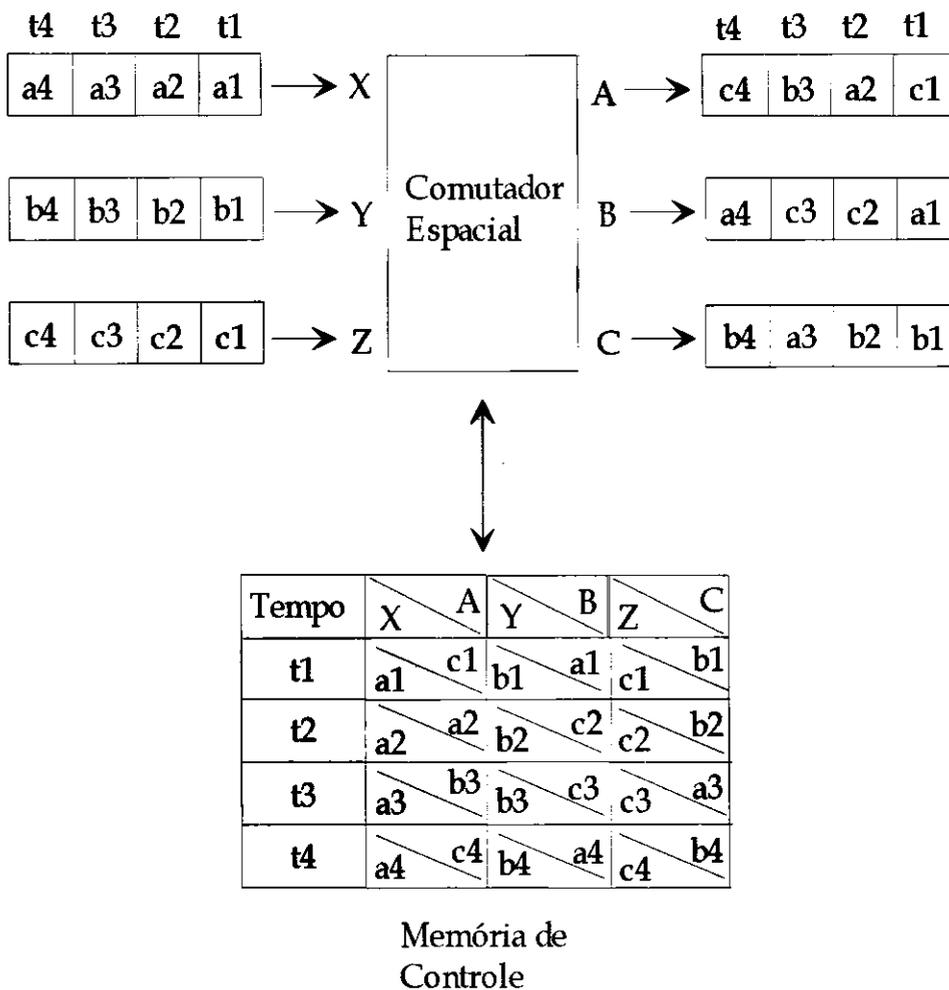
A alocação de um caminho físico ou virtual entre dois usuários é de responsabilidade da comutação. Quando um usuário A tenta estabelecer uma chamada com um usuário B, o sistema de comutação deve alocar um caminho entre os dois usuários de acordo com a requisição de chamada proposta pelo usuário que originou a chamada. (usuário A). O sistema de comutação pode alocar um circuito para fora da central (usando juntores de saída da central) ou estabelecer circuito com um outro usuário que esteja conectado nesta central. Por exemplo, uma ligação local.

Existem, basicamente, dois tipos de sistemas de comutação digital : comutação espacial e temporal.

### 2.1- Comutação Espacial

A cadeia de conversação espacial consiste em um conjunto de circuitos, onde cada circuito deve ser individual e específico para cada ligação [5]. Qualquer palavra PCM de entrada do comutador espacial é alocada para um caminho diferente, conservando a sua posição no slot de tempo. A figura 2 considera um comutador espacial de três entradas e três saídas, qualquer palavra (a1, b2, a3, c3, entre outras) de entrada pode ser comutada para uma das três saídas.

Quando várias ligações se processam simultaneamente, vários circuitos são alocados pelo comutador espacial. O circuito alocado entre dois usuários é mantido até o encerramento da ligação telefônica. A figura 2 ilustra o princípio de funcionamento.



**Figura 2 – Diagrama em bloco de um Comutador Espacial**

A comutação dos circuitos segue a orientação dos dados de controle presente na memória de controle. A alocação destes dados na memória de controle é dinâmica, já que os dados de controle representam a intenção de um determinado usuário A em chamar um usuário B.

Observe a memória de controle na figura 2. No tempo  $t_1$ , a palavra PCM a1 (Entrada X) é deslocada para a saída B. Observe que o tempo de alocação da palavra a1 continua sendo o slot de tempo  $t_1$ .

A palavra a2 não é submetida a uma comutação espacial. De acordo com a memória de controle, a palavra a2 na entrada X é comutada para saída A. Neste caso, não ocorreu comutação espacial da palavra PCM a2

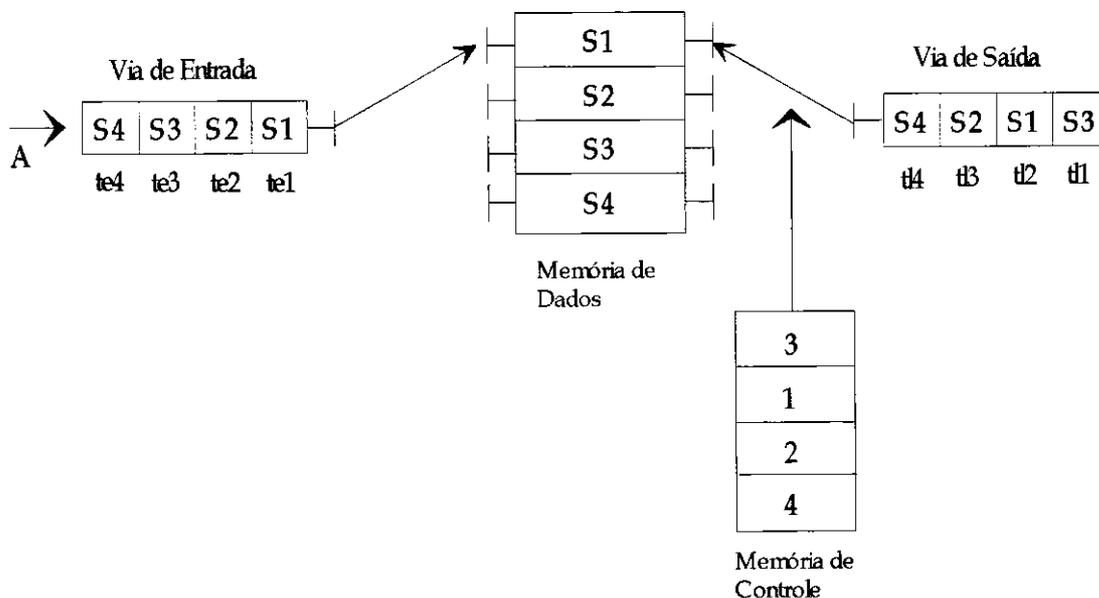
## 2.2- Características do Comutador Espacial

✓ **Processo de Comutação** : As palavras PCM conservam seus intervalos de tempo originais quando alocadas a qualquer umas das saídas do comutador.

✓ **Acessibilidade Total** : Qualquer palavra PCM de entrada, pode ser comutada a qualquer via de saída

✓ **Eficiente e pequeno** : Comutador Espacial consiste de circuitos eletrônicos integrados em larga escala.

## 2.3- Comutador Temporal



**Figura 3- Diagrama simplificado do comutador temporal**

As palavras S4, S3, S2 e S1 são palavras de 8 bits PCM. O comutador temporal aloca as palavras de entrada em slots de tempo diferente na saída. Vale salientar, que neste caso não existe a alocação de um caminho físico diferente para os dados de entrada. A comutação temporal trabalha com apenas um único circuito físico como via de entrada e saída.

O diagrama em bloco ilustrado na figura 3 exemplifica o princípio de funcionamento do sistema de comutação temporal.

Os dados da via de entrada são agrupados em ordem na memória de dados. A memória de controle contém os endereços de controle. A alocação das palavras PCM em slots de tempo é feita pelos endereços de controle. Considere a palavra PCM de oito bits S2 alocada no slot  $T_{E2}$  na via de entrada. Na via de saída do sistema de comutação temporal, a palavra S2 ocupa o slot de tempo  $T_{L3}$ . A tabela abaixo exemplifica a comutação temporal realizada no exemplo da figura 3.

#### Comutação Temporal

Entrada	$T_{E1}$	$T_{E2}$	$T_{E3}$	$T_{E4}$
Saída	$T_{L2}$	$T_{L3}$	$T_{L1}$	$T_{L4}$

**Tabela 1 – Comutador Temporal**

#### **2.4- Características do Comutador Temporal:**

- ✓ **Processo de comutação** : O processo consiste em intercambiar os intervalos de tempo das palavras.
- ✓ **Acessibilidade Total** : Qualquer palavra PCM de entrada pode ser comutada a qualquer intervalo de saída.
- ✓ **Eficiente e pequeno** : A memória e os elementos de controle consistem de componentes semicondutores integrados em larga escala.

### **3- Engenharia de Tráfego**

A engenharia de tráfego estuda o comportamento do fluxo de chamadas telefônicas entre as centrais telefônicas e entre os usuários e a central telefônica. A análise deste comportamento prevê o uso de meios matemáticos para quantificar e caracterizar o tráfego.

Através desta análise é possível determina o número de juntores que irão compor um tronco de conexão entre duas centrais telefônicas.

#### **4- Conceitos Básicos de Tráfego**

Como já discutido anteriormente, os juntores são circuitos que conectam dois usuários de centrais diferentes. Os juntores possuem dois estados de funcionamento: livre ou ocupado. Enquanto livre, qualquer usuário pode acessar este juntor e efetuar uma ligação telefônica. No entanto, quando o juntor estiver ocupado por uma chamada telefônica, uma nova chamada não pode ser realizada.

O estudo e projeto de uma central consiste em analisar a história do tráfego entre as centrais. Determinar o número de vezes em que o juntor esteve livre ou ocupado ao longo de um determinado tempo. Dentro deste critério de projeto são definidos alguns conceitos ou parâmetros que caracterizam o comportamento do tráfego. O estudo destes conceitos é de suma importância para o projeto e dimensionamento de um número de juntores suficiente para atender um determinado valor de tráfego. Os parâmetros são citados abaixo :

- ✓ Volume do Tráfego;
- ✓ Período de Observação;
- ✓ Intensidade de Ocupações;
- ✓ Tempo médio de Ocupação;
- ✓ Intensidade de Tráfego.

##### **4.1- Volume de Tráfego**

O volume de tráfego (V) é a soma dos tempos de ocupação de um sistema.

$$\sum_{j=1}^{j=n} t_j, \text{ sendo:} \quad (1)$$

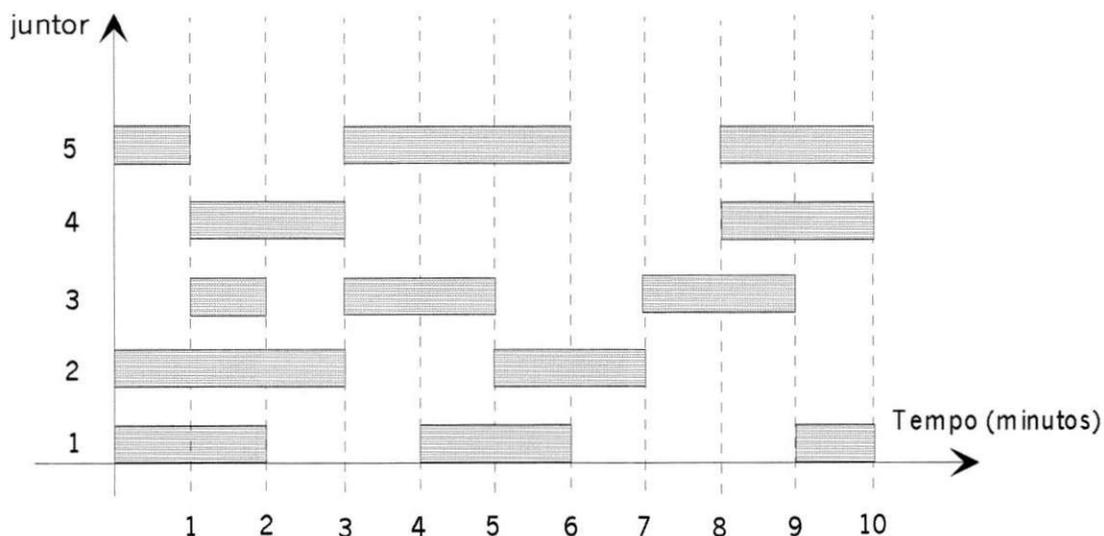
n = número total de ocupações;

t<sub>j</sub> = tempo de ocupação da j-ésima chamada

O número total de ocupações corresponde ao número de vezes em que os juntores de conexão da central telefônica são ocupados. A figura 4 ilustra o diagrama de ocupação de uma

central com 5 juntores. Os retângulos representados em cinza representam o estado de ocupação ao longo do tempo (eixo das abcissas) de cada juntor (eixo das ordenadas). O cálculo do volume de tráfego é justamente o somatório de cada um destes tempos de ocupação.

Considerando a figura 4, o juntor número 1 foi ocupado 3 vezes. O juntor número 3 foi ocupado 3 vezes. O número total de ocupações para o caso ilustrado acima é igual a 13. O volume de tráfego é calculado segundo a equação (1).



**Figura 4 – Diagrama de ocupação dos juntores**

#### **4.2- Período de Observação.**

O período de observação (T) corresponde ao tempo em que o sistema é observado. Para o exemplo da figura acima, o período de observação foi igual a 10 minutos. Geralmente este período é de 60 minutos.

#### **4.3- Tempo médio de ocupação**

O tempo médio de ocupação é a média aritmética dos tempos de ocupação das chamadas ocorridas durante o período de observação. Ver equação abaixo:

$$T_m = \frac{V}{n}, \text{ sendo :} \quad (2)$$

V = Volume do tráfego;  
n = Número de chamadas observadas.

#### **4.4- Intensidade de Ocupação**

É o número de ocupações que ocorre num grupo de juntores. Ver a equação abaixo :

$$I = \frac{n}{T}, \text{ sendo:} \quad (3)$$

n = Número de chamadas;  
T = Período de observação.

#### **4.5- Intensidade de Tráfego.**

Dos conceitos citados acima é o mais importante. A intensidade de tráfego é um conceito importante no dimensionamento do número de juntores. Matematicamente, a intensidade de tráfego é o quociente entre o volume de tráfego e o período de observação. Ver equação abaixo :

$$A = \frac{V}{T}, \text{ sendo:} \quad (4)$$

V= Volume do tráfego;  
T = Período de observação.

O valor de A é adimensional, mas deve-se acrescentar o termo Erlang (Erl) ao resultado encontrado. Este valor representa o número médio de circuitos ou juntores ocupados durante uma hora. Uma segunda interpretação para este conceito é de que o valor de A representa o tempo total que o sistema levaria para escoar todas as chamadas, ocorridas durante o período de observação, por um único juntor.

Matematicamente, a intensidade de tráfego também pode ser definida como :

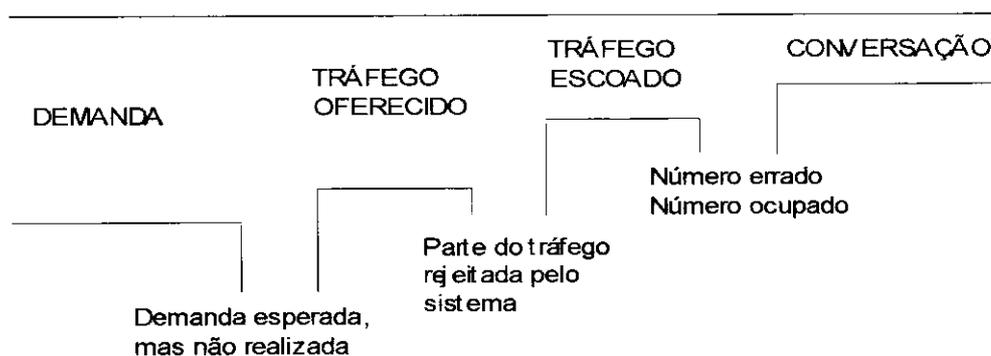
$$A = I.T_m \quad (5)$$

## 5- Demanda, Tráfego Oferecido e Escoado, Congestionamento e Perdas

A demanda representa a intenção da população em utilizar o serviço. Representa apenas uma estimativa sobre o possível tráfego que esta população pode exigir da central. No entanto, parte desta demanda oferecida pela população apenas se traduz em uma tentativa de efetuar uma chamada. Somente a outra parte da população realiza a chamada. Corresponde justamente a parte da demanda que tenta efetuar uma ligação telefônica. Não importa se a ligação é realizada com sucesso ou não. A simples ação de retirar o fone do gancho disponibiliza alguns tipos de serviços da central, como ocupação de um juntor de entrada, protocolo de sinalização, entre outros. Para a central, esta pequena ação gera tráfego. Este tipo de tráfego é chamado de tráfego oferecido.

O tráfego escoado corresponde a uma parcela do tráfego oferecido que não é rejeitado pelo sistema telefônico. A parcela de tráfego rejeitada se traduz em perdas no sistema. Este tipo de perda ocorre em virtude do número limitado de jutores. A próxima chamada, depois do último juntor ser acessado, invariavelmente encontrará todos caminhos ocupados. Para o sistema, esta chamada resulta em perdas.

A parcela de tráfego que alcança o usuário chamado, corresponde ao tráfego escoado. Apenas uma parcela do tráfego escoado se transforma em conversação. A parte do tráfego que não é convertida em conversação resulta em perdas. Neste ponto, as perdas são de natureza humana. Ocorrem quando o número discado é errado ou o usuário chamado esta ocupado. A figura abaixo ilustra estes conceitos.



**Figura 5 – Demanda, Tráfego Escoado e Oferecido e Perdas**

Do ponto de vista de dimensionamento, as perdas que ocorrem no tráfego oferecido são de maior importância. Estas perdas ocorrem, como já discutido, da falta de meios para

processar todo tráfego exigido naquele instante. A indisponibilidade de meios para atender o tráfego oferecido gera congestionamento. Durante o período de congestionamento, qualquer interesse do usuário em estabelecer uma conexão telefônica resulta em perdas. Do ponto de vista do usuário, o sistema está ocupado

## 6- Comportamento dos Sistemas de Tráfego

O comportamento de um sistema de tráfego é traçado em função de quatro fatores [6]:

- ✓ Características de chegada das chamadas ;
- ✓ Tratamento dado às chamadas usadas na primeira tentativa;
- ✓ Distribuição dos tempos de ocupação;
- ✓ Acessibilidade.

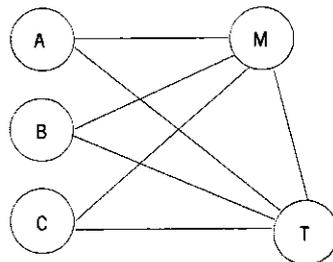
Quanto a chegada das chamadas, existem três situações. A primeira situação considera um número muito grande de fontes originadoras (teoricamente, infinito). Considera-se que as chamadas sejam originadas ao acaso e independentemente uma das outras. O número de meios para escoar o tráfego é muito pequeno. Sob este aspecto, o tráfego é dito poissoniano com média igual a variância. A igualdade abaixo especifica o comportamento da média com relação a variância.

$$m(x) = v(x) \quad (6)$$

A segunda situação considera um número pequeno de fontes, a probabilidade de chegada de novas chamadas diminui com o aumento da intensidade de tráfego. Nesta segunda situação, a média é maior do que a variância.

$$m(x) > v(x) \quad (7)$$

A última situação considera um caso de sobrecarga, onde uma rota alternativa desvia o tráfego de sobrecarga das rotas diretas. A figura 6 ilustra esta situação.



**Figura 6- Tráfegos de sobrecarga**

As rotas AM, BM e CM são rotas diretas. As rotas formadas por AT, BT e CT fazem parte de um caminho alternativo para o tráfego que encontra congestionamento nas rotas diretas. Segundo este modelo, quanto maior a congestão nas rotas diretas, maior a probabilidade de ocorrer chamadas nas rotas alternativas. Para este caso, a média com relação a variância comporta-se segundo a desigualdade abaixo :

$$m(x) < v(x) \quad (8)$$

### **6.1- Tratamento dado as chamadas recusadas na primeira tentativa :**

Existem três tipos de tratamento dada as chamadas recusadas:

- ✓ LCC (Lost Calls Cleared)
- ✓ LCH (Lost Calls Held)
- ✓ LCD (Lost Calls Delayed)

#### **LCC (Lost Calls Cleared)**

Neste caso, o usuário encontra o sistema ocupado e desiste momentaneamente. O tempo de ocupação da chamada é zero

#### **LCH (Lost Calls Held)**

O usuário encontra o sistema ocupado e continua fazendo tentativas até encontrar algum junto disponível. Quando essas tentativas tem sucesso, o tempo de ocupação é igual ao  $T_m$  (tempo de ocupação médio) menos o tempo de tentativas.

#### **LCD (Lost Calls Delayed)**

Esta hipótese é válida para os sistemas com filas. Quando o usuário encontra o sistema ocupado, a chamada do usuário é colocada numa fila. O atendimento destas chamadas pode seguir alguma regra de prioridade ou ser atendida por ordem de chegada.

### **6.2- Distribuição dos tempos de ocupação**

O tempo de ocupação dos meios telefônicos pelos usuários assumem duas distribuições : constante ou exponencial negativa.

Os serviços especiais prestados pelas operadoras apresentam uma distribuição dos tempos de ocupação constante. Dentro deste perfil, por exemplo, os pedidos de informação

pelo código 102. O tempo de ocupação do sistema telefônico pelos usuários para atender este tipo de serviço é aproximadamente igual para todos os usuários

A distribuição exponencial negativa é uma característica normal do tráfego resultante das chamadas realizadas entre os usuários.

### **6.3- Acessibilidade**

A acessibilidade consiste no número de juntores do grupo de saída da central que podem ser atingidas pelos juntores de entrada, através do sistema de comutação em questão [7]. O número de saídas que podem ser acessadas por um juntor de entrada define numericamente a acessibilidade, representada por  $k$ .

Quando uma única entrada pode acessar todas as vias de saídas, a acessibilidade é plena. A acessibilidade é dita limitada quando um juntor de entrada acessa um número limitado de saídas. Normalmente, os sistemas telefônicos trabalham com acessibilidade plena. Todos as saídas podem ser acessadas, uma de cada vez, por uma única via de entrada.

### **6.4- Variações de Tráfego**

Os usuários originam chamadas de forma aleatória e de forma independente. No entanto, observa-se certas regularidades periódicas devido, por exemplo, a temperatura, as estações do ano ou devido a datas comemorativas.

O dimensionamento do número de juntores deverá ser feito com relação ao horário de maior movimento (HMM). Teoricamente, a hora de maior movimento é o período de 60 minutos que apresenta intensidade de tráfego superior a média tomada nos dias da semana. Durante a hora de maior movimento, supõe-se que o tráfego oscila em torno de uma média, denominada *intensidade de tráfego*. Teoricamente, esta condição é chamada de Estado de Equilíbrio Estatístico. [6]

## 7- Sistemas com Perdas

Os sistemas telefônicos operam segundo dois métodos de processamento de tráfego, sistema em espera e sistema de perdas. Quando uma chamada é bloqueada, significa que todos juntores do tronco de saída encontram-se ocupadas. Se o sistema for em espera, esta chamada permanece no sistema até que um juntor fique livre. Considerando o caso de um sistema com perdas, a chamada telefônica é rejeitada pelo sistema telefônico, com tempo de ocupação zero. O usuário recebe o indicativo (sinal de sinalização) de que o sistema esta ocupado na forma de um tom.

Neste trabalho está sendo estudado apenas os sistemas telefônicos com perdas. As fórmulas de dimensionamento de juntores apenas se aplicam a esta situação.

### 7.1- Fórmula de Erlang

A fórmula de Erlang calcula o número de juntores para um determinado valor de tráfego adotando uma probabilidade  $E(c,a)$  de congestionamento. A fórmula de Erlang é aplicada segundo as propriedades abaixo:

- ✓ Supõe-se que há um grande número de fontes de tráfego, originando chamadas aleatoriamente e independentemente uma das outras. A média do tráfego é igual a variância ;
- ✓ As chamadas recusadas são consideradas perdidas, possui tempo de ocupação igual a zero na central telefônica;
- ✓ A fórmula é válida para qualquer distribuição dos tempos de ocupação, constante ou exponencial negativa;
- ✓ Acessibilidade plena

Teoricamente, a fórmula de Erlang considera um número infinito de fontes de tráfego gerando chamadas telefônica. Na prática, esta situação é impossível. No entanto, o número de fontes de tráfego pode ser tão grande com relação ao número de juntores de saídas, em uma determinada situação prática, que esta suposição pode ser aplicada sem grandes prejuízos [7].

A fórmula de Erlang é expressa pela equação (9).

$$E(c, a) = \frac{\frac{a^c}{c!}}{\sum_{n=0}^c \frac{a^n}{n!}} = \frac{\frac{a^c}{c!}}{1 + a + \frac{a^2}{2!} + \dots + \frac{a^c}{c!}} \quad (9)$$

O número de juntores obtido com a equação (9), dado um determinado valor de tráfego oferecido e probabilidade de congestionamento, resulta em valores maiores do que o existente na prática.

O tráfego oferecido é representado pela variável  $a$  na equação (9). O número de juntores ou circuitos de saída para o tráfego é representado pela variável  $c$ .

A variável  $E(c,a)$  representa a probabilidade de congestionamento de tempo ou de chamadas. Considerando  $E(c,a)$  como uma congestão de tempo, o valor encontrado para  $E(c,a)$  representa a proporção de tempo sobre um período de observação de 60 minutos, em que todos os canais estão ocupados.

O valor de  $E(c,a)$  pode ser visto como a proporção de chamadas recusadas na primeira tentativa. Neste caso, o valor de  $E(c,a)$  representa o congestionamento de chamadas.

Quanto maior for o valor de  $E(c,a)$  maior a probabilidade de ocorrer perdas. Do ponto de vista do tráfego oferecido e do tráfego escoado, o acréscimo no valor de  $E(c,a)$  reduz o tráfego escoado. As expressões abaixo confirmam este comportamento.

#### Tráfego Rejeitado ou Perdas

$$m(x)_r = a.E(c,a)$$

$$v(x)_r = m_r \left[ 1 - m_r + \frac{a}{c + 1 + m_r - a} \right] \quad (10)$$

Como o valor de  $E(c,a)$  representa a probabilidade de congestionamento, o produto entre  $E(c,a)$  e o tráfego oferecido  $a$  resulta numa média de tráfego rejeitado ( $m(x)_r$ ) ou as perdas. O tráfego escoado, demonstrado pela equação (11), é apenas o complemento do tráfego rejeitado. A quantidade  $[1-E(c,a)]$  representa a probabilidade de não haver congestionamento. Portanto, a probabilidade da chamada telefônica ocorrer.

#### Tráfego Escoado

$$m(x)_e = a.[1 - E(c,a)]$$

$$v(x)_e = m(x)_e (1 - l_c) \quad (11)$$

A variável  $l_c$  representa o tráfego escoado pelo último juntor.

## 7.2- Fórmula de Engset

Considere um sistema telefônico com um número finito de fontes originando chamadas. Como já discutido anteriormente, quando uma nova tentativa de chamada ocorre, diminui o número daquelas que ainda podem originar uma nova chamada. Considerando este modelo para as chamadas telefônicas, a probabilidade de uma nova chamada reduz quando uma nova fonte de tráfego origina uma chamada. O dimensionamento do número de juntores para este caso específico de comportamento do sistema telefônico é dado pela fórmula de Engset. Neste caso, a média é maior do que a variância.

$$m(x) > v(x) \quad (12)$$

As chamadas recusadas na primeira tentativa são consideradas perdidas com tempo de ocupação zero. A distribuição dos tempos de ocupação apresenta o mesmo comportamento para a fórmula de Erlang. Ou seja, no dimensionamento dos juntores com a fórmula de Engset, a distribuição dos tempos de ocupação é constante ou exponencial. Quanto a acessibilidade, é considerada plena.

A fórmula de Engset é expressa segundo a equação abaixo:

$$B_c = \frac{\binom{n-1}{c} b^c}{\sum_{i=0}^{i=c} \binom{n-1}{i} b^i} \quad (13)$$

$$b = \frac{h}{1 - h(1 - B_c)} \quad (14)$$

A variável  $B_C$  representa a probabilidade de congestionamento do sistema, dado o número de usuários ( $n$ ) e o número de juntores de saídas ( $c$ ). A expressão acima representa a congestão de chamadas no sistema telefônico. O valor de  $B_C$  pode ser visto, também, como a proporção das chamadas que são bloqueadas na primeira tentativa.

O valor da variável  $b$  pode ser encontrado pela equação (14). Vale salientar, que o resultado da probabilidade de congestionamento é o resultado de um cálculo iterativo que envolve as equações (13) e (14). A variável  $h$  representa o tráfego total oferecido dividido pelo número de fontes (terminais de usuários).

A probabilidade de congestionamento de tempo é expressa pela equação 15.

$$B_c = \frac{\binom{n}{c} b^c}{\sum_{i=0}^c \binom{n}{i} b^i} \quad (15)$$

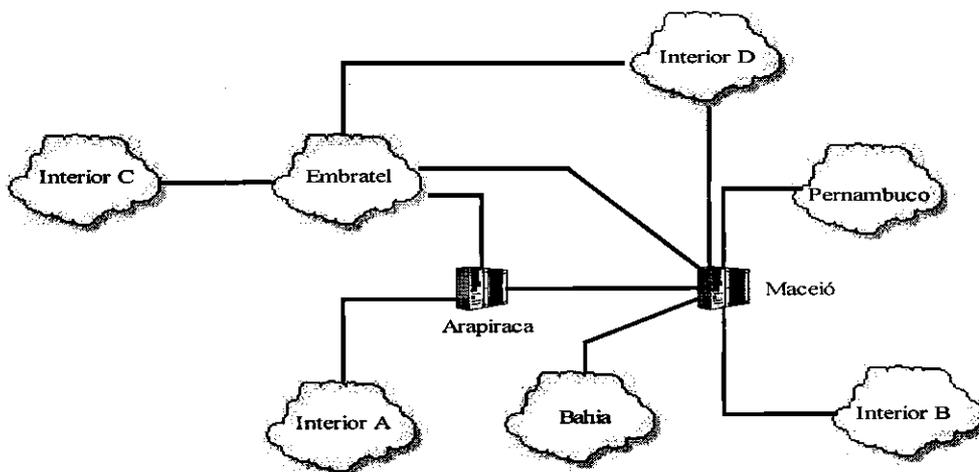
O congestionamento de tempo representa a proporção de tempo sobre o período de uma hora, onde qualquer chamada neste intervalo de tempo é perdida.

A fórmula deve ser empregada somente quando o número de fontes gerarem tráfego aleatória e independentemente uma das outras.

A fórmula de Engset é aplicada ao dimensionamento de pequenos PABX. A fórmula de Erlang se aproxima da fórmula de Engset quando o número de fontes de tráfego se aproxima do número de juntores.

### **8-Estudo de Caso:**

Um das atividades realizadas na Telemar, dentro deste contexto, foi o dimensionamento do número de juntores que interligam as centrais do interior de Alagoas a cidade de Arapiraca e a capital, Maceió. A figura 7 ilustra o diagrama simplificado do sistema telefônico do estado de Alagoas.



**Figura 7- Diagrama simplificado da rede telefônica do estado de Alagoas**

A rede telefônica do estado de Alagoas possui duas centrais trânsito, a central de Arapiraca e a central de Maceió. A central de Arapiraca é conectada a Embratel, conectada a Maceió e conectada ao interior A. A central de Maceió é conectada aos interiores B e D, conectada a Bahia e Pernambuco, conectada a Arapiraca e conectada a Embratel.

Quando o interior A deseja falar com o interior D, a central de Arapiraca direciona a chamada telefônica pela Embratel ou via central de Maceió. A escolha da operadora, pelo usuário, define a rota da chamada telefônica.

Qualquer ligação telefônica para fora do estado, realizada por alguma cidade do interior, deve ser roteada para a central de Maceió. Em seguida esta chamada segue via Bahia ou Pernambuco (Rede Telemar) ou via Embratel.

O dimensionamento das centrais do interior consiste em calcular o número de circuitos de entrada e saída que conectam estas centrais a suas respectivas centrais trânsito. O tráfego oferecido é determinado mediante a quantidade de terminais de usuário a serem instalados na localidade.

O tráfego oferecido de saída é calculado segundo a equação abaixo:

$$Traf_{.SAI} = 0,035.Q_{todeTerm}_{.ASS} \quad (16)$$

O tráfego oferecido de entrada é calculado segundo a equação abaixo:

$$Traf_{.ENT} = 0,03.Q_{todeTerm}_{.ASS} \quad (17)$$

Os coeficientes (0,03 e 0,035) utilizados na equação 16 e 17 correspondem ao valor de intensidade de tráfego por terminal (*Erlang/terminal*). É um valor estimado. A Telemar-AL usa estes valores para cálculo de tráfego nas cidades do interior. O termo  $Q_{todeTerm}_{.ASS}$  representa a quantidade de terminais de usuário. Representa, em suma, o número de telefones de uma determinada região.

O número de juntores é calculado sobre o resultado do tráfego total (tráfego de entrada + tráfego de saída).

O dimensionamento deve prevê problemas de congestionamento. Sob este critério, a quantidade de juntores encontrados é acrescida de um percentual de segurança. A escolha do valor deste percentual fica à critério do projetista. É um valor estimado, onde o número máximo é limitado pelo custo imposto a empresa.

Todas as centrais do interior possuem um número pequeno de usuários. Sob este aspecto, o dimensionamento do número de juntores deveria ser realizado com a fórmula de

Engset. Apesar de todos estes aspectos, o dimensionamento foi realizado com o uso da fórmula de Erlang.

Essencialmente, a escolha de uma fórmula de dimensionamento (Erlang ou Engset), neste caso, não provoca erros significativos. A implementação de uma quantidade  $x$  de juntores não é feita de modo preciso. Todo e qualquer valor calculado para o número de juntores é super dimensionado.

Para exemplificar o procedimento, foi escolhido três cidades do interior do estado de Alagoas. Todas estas cidades, como já discutido, direcionam seus tráfegos de saída e entrada para Arapiraca, Maceió ou Embratel; dependendo da topologia da rede telefônica do estado. A tabela abaixo apresenta os dados de projeto.

Cidade	Terminais	Tráfego (Saída)	Tráfego (Entrada)	Tráfego Total
X	60	2,1	1,8	3,9
Y	96	3,36	2,88	6,24
Z	128	4,48	3,84	8,32

**Tabela 1- Dados do Projeto**

A Telemar-AL adota para o valor de probabilidade de congestionamento, 1%. Com o auxílio da tabela e de posse do valor do tráfego total (tráfego de entrada + tráfego de saída), pode-se calcular o número de juntores de cada cidade. Estas soluções encontram-se tabeladas para diversos valores de probabilidade de congestionamento e tráfego oferecido [7].

A quantidade de juntores encontrada corresponde ao número de juntores de saída e entrada. A tabela abaixo apresenta os juntores calculados.

Cidade	Tráfego Total	Juntores (Calculado)	Juntores (Recomendado)
X	3,9	13	30
Y	6,24	17,0	30
Z	8,32	21,0	30

**Tabela 2- Número de Juntores Calculados**

A coluna “Juntores (Calculado)” corresponde a quantidade teórica do número de juntores utilizando a fórmula de Erlang para acessibilidade plena. A coluna “Juntores (Recomendado)” corresponde aos valores práticos, valores de implementação.

Na prática, os juntores são slots de tempo dentro de um canal PCM de 2,048Mbps (feixe E1). Cada feixe de 2,048Mbps contém 30 canais de 64Kbps PCM. Ou seja, 30 juntores para canalização de sinais de voz.

Na empresa é adotada a seguinte regra de dimensionamento. Acima de 15 juntores calculado, deve-se adotar 30 juntores como valor prático de projeto. Acima de 30 juntores calculado, adota-se 60 (dois feixes E1) e assim por diante, considerando sempre múltiplos de 30. Para um valor de juntores calculados abaixo de 15, adota-se 15 juntores para o número de juntores recomendado.

## **9- RDSI**

A digitalização das centrais telefônicas sempre ocorreu dentro do âmbito da empresa. Do ponto de vista dos usuários, os recursos disponibilizados pela tecnologia digital não eram totalmente aproveitados. As centrais digitais dispõem de recursos de programação, comutação espacial e temporal realizada com circuitos digitais dedicados, melhor imunidade ao ruído, facilidade de multiplexação, entre outros. No lado do usuário, não se dispõem de grandes benefícios. Características importantes como alta velocidade de transmissão, fluxo de sinais de áudio e vídeo não estavam disponíveis ao usuário.

Atualmente, o surgimento de algumas tecnologias digitais compatíveis com o sistema telefônico disponibilizou aos usuários algumas facilidades. O RDSI (Rede Digital de Serviços Integrados) ou ISDN (*Intergrade Services Digital Network*) permite o tráfego de sinais de voz e dados, ao mesmo tempo, numa linha telefônica. O par trançado serve como meio de transmissão para o sinal digital proveniente dos serviços avançados RDSI.

“Conceitualmente, a RDSI é uma rede, em geral evoluída da rede digital integrada, que proporciona conectividade digital fim a fim, para suportar uma variedade de serviços vocais e não vocais, aos quais usuários tem acesso de um conjunto limitado de interfaces padronizadas”. Este conceito foi definido pelo CCITT em 1984 [1].

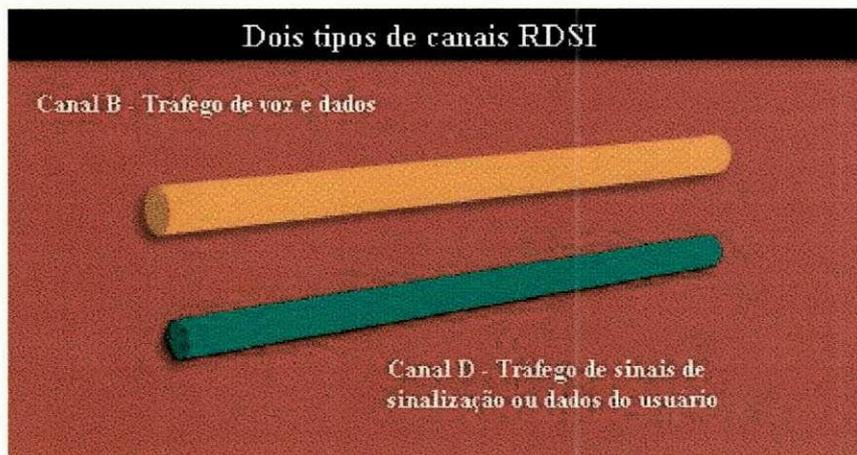
A RDSI é disponível aos usuários em duas configurações. A primeira configuração consiste no Acesso Básico (BRI). Esta configuração disponibiliza uma taxa de 128kbps para o usuário. É destinado a aplicações residenciais e pequenas empresas. A segunda configuração provê acesso de 2,048Mbps para o usuário. Destina-se a grandes corporações, provedores de Internet e universidades. É chamada de Acesso Primário (PRI).

A RDSI trabalha com conexão digital na central. Talvez a mais importante característica, oferece um acesso digital discado de baixo custo a qualquer rede no mundo. Não é mais necessário alugar linhas digitais dedicadas de alto custo para se obter altas taxas de transmissão.

## **10- Conceitos Básicos de RDSI**

A RDSI trabalha com dois tipos de canais de comunicação. O canal B transmite informações do usuário (voz, dados, vídeo, áudio) de forma síncrona numa velocidade relativamente alta, 64k PCM. O canal B estabelece conexões permanentes ou via comutação

de circuitos. O canal D transmite informações de sinalização responsáveis pela configuração das chamadas estabelecidas nos canais B. O canal D opera no modo pacote de forma síncrona com duas velocidades, 16kbps ou 64kbps. O tipo de configuração é que vai determinar sua velocidade. O canal D também suporta, em aplicações especiais, o tráfego de dados de interesse ao usuário. A figura ilustra os dois canais.



**Figura 8- Canais RDSI**

Como discutido na seção anterior, o RDSI é disponível em duas configurações. A configuração básica destinada a pequenos usuário que necessitam de uma taxa de transmissão máxima de 128Kbps e a configuração primária com taxa de transmissão igual a 2Mbps. A seção seguinte discute estas duas modalidades de funcionamento do RDSI.

O modo de conexão da tecnologia RDSI, dentro do ambiente do usuário, depende da definição de determinados grupos funcionais e interfaces padrões [2]. Os grupos funcionais são os dispositivos ligados na rede que provê tanto a conexão da RDSI a rede telefônica como disponibiliza os serviços de dados e voz. A interface é a fronteira comum entre dois sistemas associados. Neste caso, os equipamentos RDSI são adaptados a interface da rede telefônica.

Existem cinco grupos funcionais dentro do ambiente do usuário, citados abaixo :

✓ **ET2-** Equipamento terminal não compatível com a RDSI. Corresponde aos equipamentos existentes atualmente, destinados ao tráfego de dados e voz. São equipamentos que possuem interface compatível com o protocolo X.25 (circuitos comutados a pacote), compatível com o protocolo X.21 e X.21bis (rede de dados a circuitos comutados), microcomputadores e terminais assíncronos com interface V.24 presentes na rede telefônica, entre outros.

✓ **ET1**- Terminologia aplicada aos equipamentos compatíveis com a RDSI. Fazem parte deste conjunto qualquer terminal do usuário que gere sinal de dados e voz compatível com a RDSI.

✓ **AT (Adaptador de Terminal)**. Adapta qualquer equipamento que não possua compatibilidade com o RDSI (Equipamentos ET2). Um equipamento ET2 + AT corresponde a um equipamento ET1.

✓ **NT1 (Terminal de Rede)** - Os equipamentos RDSI não possuem compatibilidade direta com a rede telefônica. O NT1 adapta a interface dos equipamentos RDSI a interface da rede telefônica. No acesso básico, o NT1 envia sinal multiplexado correspondente aos canais 2B+D.

✓ **NT2 (Terminal de Rede)** - Este grupo funcional é específico para usuários que possuem o acesso primário. Todos os grupos funcionais citados acima são aplicados no acesso básico. No acesso primário, além dos grupos funcionais citados, o NT2 é utilizado. Este equipamento está associado ao encaminhamento de chamadas, interpretação de pedidos de serviços e facilidades e alocação de recursos de conexão. O NT2 funciona como equipamento PABX, concentrador, comutador, controladores de terminal de dados, multiplexadores e redes locais.

Existem quatro interfaces padronizadas na tecnologia RDSI, citadas abaixo:

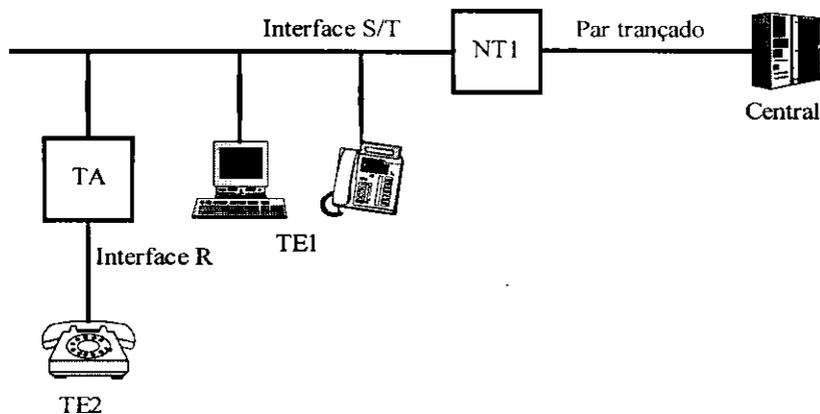
✓ **Interface U** - Fronteira entre a entrada do NT1 e o par trançado da rede telefônica.

✓ **Interface T** - Interface disponibilizada na saída do NT1 compatível com os equipamentos RDSI. No caso do acesso primário, esta interface é conectada ao NT2.

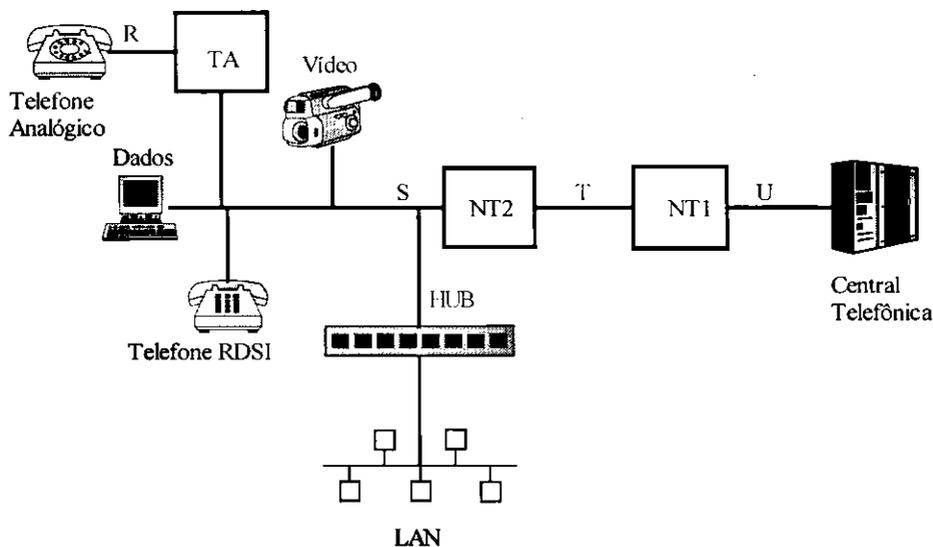
✓ **Interface S** - Quando o NT2 não é necessário, considerando o acesso básico, as interfaces S e T se confundem. Considerando o acesso primário, esta interface está disponível na saída do NT2. Permite a conexão direta dos equipamentos RDSI.

✓ **Interface R** - Os equipamentos incompatíveis com a RDSI necessitam de um equipamento chamado de AT (Adaptador de Terminal). A entrada do equipamento AT possui interface R.

As seguintes figuras ilustram os grupos funcionais, interfaces padrões e o modo como estes elementos são conectados. A figura 9 explicita as conexões realizadas no ambiente do usuário para o Acesso Básico. A figura 10, o Acesso Primário



**Figura 9- RDSI Acesso Básico**



**Figura 10- RDSI Acesso Primário**

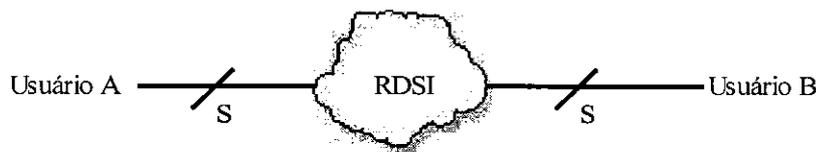
A figura 10 ilustra, também, a quantidade de serviços disponíveis no Acesso Primário. Como já citado anteriormente, o usuário tem sob sua propriedade 30 canais de 64Kbps PCM. Cada canal pode ser aplicado em diversos tipos de serviços.

A RDSI permite a combinação de canais com o intuito de criar canais com taxas de transmissão maior do que 64Kbps, ou melhor, múltiplos de 64Kbps. Esta opção chamada de multiplexação inversa, é disponível no acesso primário e básico. No caso do acesso básico,

pode-se conseguir acesso de 128Kbps para aplicações na internet ou acesso a redes locais, por exemplo. No acesso primário, é possível fazer diversos tipos de combinação para garantir acesso rápido a internet, videoconferência, acesso a redes locais e manter os canais de 64Kbps restante em aplicações convencionais como telefonia, fax.

### **10.1- Serviços de Suporte.**

Os serviços de suporte definem a capacidade de transmissão e outras funções requeridas da rede [9]. O serviço de suporte é definido entre as duas interfaces S do usuário com a rede. A figura 11 ilustra este conceito.



**Figura 11- Serviço de suporte**

O terminal do usuário deve definir que tipo de serviço de suporte o mesmo necessita para estabelecer a chamada. O serviço de suporte é definido através dos seguintes atributos:

- ✓ Modo circuito;
- ✓ Modo pacote.

São definidos três tipos de serviços de suporte. O serviço de suporte 64K irrestrito, o serviço 64k áudio e 64k voz. Dentre os citados, o serviço que impõe mais restrições para os meios de transmissão na rede é o 64k irrestrito. Uma discussão breve sobre cada tipo de serviço de suporte é realizada em seguida.

✓ Serviço de suporte 64k irrestrito: Garante que o sinal passe por rotas digitais. Além disso, garante, também, o uso de canceladores de eco. As chamadas que exigem esse tipo de serviço de suporte devem ser estabelecidas com troncos digitais com sinalização ISUP.

✓ Serviço de suporte 64k áudio: Corresponde ao serviço atualmente empregado pela rede telefônica. Neste caso, o terminal do usuário envia sinais na faixa de voz. Modem analógico, fac-símile, telefone analógico, são alguns exemplos de terminais de usuário que exige 64k áudio. Caso a rota escolhida contenha canceladores de eco, os mesmos devem ser desabilitados pela central RDSI ou pelo terminal do usuário.

✓ Serviço de suporte 64k voz: Serviço de suporte utilizado na telefonia. Dentre todos os serviços de suporte, este é o menos restritivo para os meios de transmissão na rede e portanto, para o encaminhamento de chamadas. O serviço de suporte 64k voz presta-se ao estabelecimento de chamadas de voz e não garante integridade do conteúdo binário.

Outro item importante são os Teleserviços. Os Teleserviços são os serviços disponibilizados pelo RDSI aos usuários sendo atribuídos a dois terminais na rede. Dentro deste conjunto, estão a telefonia, videofonia, telex, entre outros.

## **11- Protocolo de Sinalização SS7**

Conceitualmente, a sinalização é o conjunto de sinais trocados entre os componentes da rede telefônica requisitados para estabelecer e manter a chamada telefônica [10]. A discagem dos dígitos, o envio do tom de discar, o controle de tarifação e supervisão, são alguns exemplos de sinalização. O protocolo de sinalização SS7 é um meio pelo qual os elementos da rede trocam informações. É caracterizado pelo transporte em alta velocidade de pacotes de dados e por ser uma sinalização fora da banda.

A sinalização é considerada fora da banda quando os sinais não são transportados sobre o mesmo meio que trafega a conversação. Anteriormente, a sinalização trafegava dentro da banda. Ou seja, os sinais eram transportados pelo mesmo meio em que a chamada telefônica acontecia. A sinalização fora da banda surgiu como uma proposta mais eficiente ao estabelecimento e manutenção da chamada.

Algumas das vantagens da sinalização fora da banda são citadas logo abaixo:

- ✓ Permite o transporte de dados em alta velocidade;
- ✓ Permite que a sinalização ocorra durante todo o tempo em que estiver ocorrendo a chamada.

O objetivo geral deste sistema de sinalização é provê um padrão internacional de sinalização que :

- ✓ Seja otimizado para operação em redes digitais (por exemplo, a RDSI, uma rede digital móvel ou para interação com uma rede de banco de dados);
- ✓ Satisfaça aos requisitos atuais e futuros de transferência de informação de informação entre processadores nas redes digitais;
- ✓ Seja confiável na presença de distúrbios de transmissão e falhas na rede.

O SS#7 controla a sinalização em comunicações associadas a circuitos ou não. O seu desempenho é otimizado para trabalhar com canais de 64Kbps PCM, podendo operar a velocidades menores. O protocolo de sinalização SS7 suporta dois tipos de sinalização A sinalização TUP (*Telephone User Part*) e o ISUP (*ISDN User Part*).

O protocolo de sinalização TUP define as funções e os procedimentos de sinalização para as chamadas telefônicas convencionais.

O protocolo ISUP define o controle e procedimento para os usuários que possuem terminais RDSI. Disponibiliza facilidades de operação em circuitos comutados para aplicações em voz e dados. Também pode ser empregado em tecnologia mista analógica/digital. Todo e qualquer tecnologia RDSI funciona, somente, com sinalização ISUP.

## **12- Configuração Básica (BRI)**

Esta configuração é composta de dois canais B (canais PCM de 64K) e por um canal D de sinalização com taxa de transmissão de 16Kbps. A configuração básica manipula todo tipo de informação: voz, audio, vídeo e dados. Todos transmitidos em um mesmo fluxo de dados a uma velocidade de 128Kbps pelo par trançado.

No acesso básico até oito dispositivos podem ser conectados. Sendo possível apenas duas comunicações ao mesmo tempo. Antes da RDSI, apenas um dispositivo podia estabelecer comunicação numa única linha do usuário. Ver figura 12.

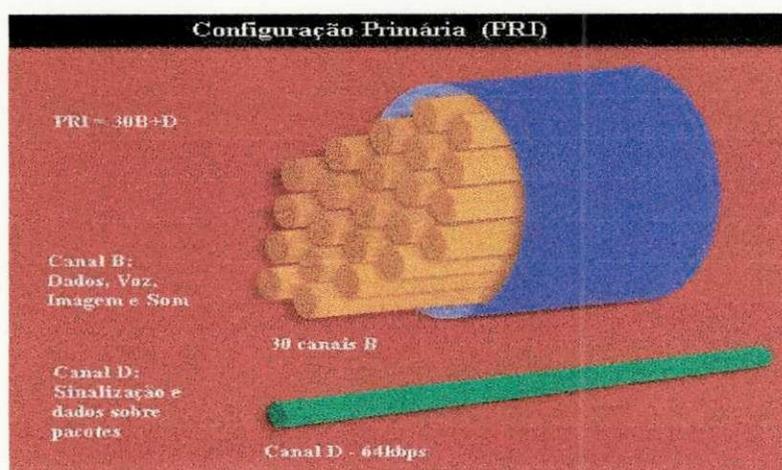


**Figura 12- Três comunicações simultâneas**

Cada dispositivo conectado na linha RDSI deve possuir um número de identificação. Desta forma, qualquer usuário RDSI ou não-RDSI pode acessar individualmente os dispositivos conectados na linha RDSI. Considerando apenas dois dispositivos na linha RDSI, cada um destes dispositivos receberá um número de identificação. Um número para voz para aplicações em telefonia, fax normal ou acessar internet com modem analógico. O segundo número é destinado a comunicação de dados.

### **13- Configuração Primária**

Esta modalidade de funcionamento prover acesso de 2.048Mbps aos usuários. Existem dois padrões, o padrão Americano e o padrão Europeu. O padrão Americano é composto por 23 canais B de 64 Kbps PCM e um canal de sinalização D com taxa de 16Kbps. O padrão Europeu é composto por 30 canais B de 64Kbps PCM e um canal de sinalização D de 64Kbps. A figura ilustra a configuração primária. O padrão adotado no Brasil é o padrão Europeu. Ver figura 13.



**Figura 13- RDSI Acesso Primário**

Segundo o padrão europeu, a primeira hierarquia digital PCM recebe *links* de 2,048Mbps. O acesso primário é composto por 31 canais (30B+D) de 64Kbps, correspondendo a uma taxa de 1,984Mbps. Resta um canal de 64Kbps para completar o padrão europeu da hierarquia digital PCM. Este canal corresponde ao canal 0 de controle e sincronismo do quadro PCM no multiplexador.

## 14- Camadas da OSI

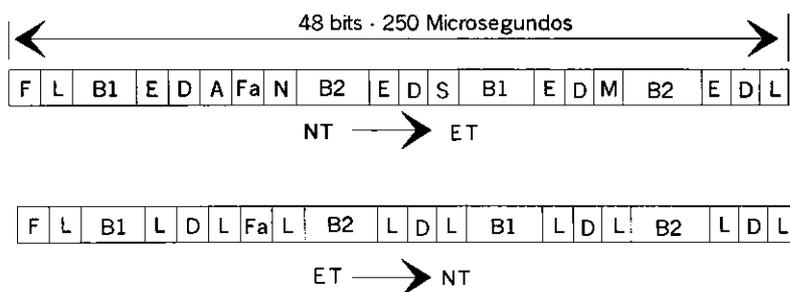
Essencialmente, o RDSI funciona nas três primeiras camadas da OSI [3]. A camada física (camada 1) compõe, do ponto de vista elétrico, os dispositivos de conexão adotados na RDSI. Ainda nesta camada, são disponíveis esquemas de cancelamento de eco para redução de ruídos. Além do cancelamento do eco, um esquema de decodificação garante uma taxa de transmissão alta sobre o simples par trançado da rede telefônica. Nos Estados Unidos é utilizado o 2B1Q. O esquema de decodificação 4B3T é utilizado na Europa. Como no Brasil é adotado o padrão Europeu, uma breve discussão sobre este esquema de decodificação será citado neste trabalho.

A camada de enlace de dados (camada 2) usa o protocolo LAP-D (Link Access Protocol - D channel). A terceira camada, a camada de rede, é responsável pelo estabelecimento, manutenção e finalização da conexão lógica entre dois dispositivos.

## 15- Camada Física- Acesso Básico

A descrição da camada física apresenta pequenas diferenças para cada tipo de acesso da tecnologia RDSI. O acesso básico opera com uma taxa de transmissão igual a 192Kbps na interface S. A configuração 2B +D resulta numa taxa de transmissão igual a 144Kbps de dados importantes ao usuário. O restante dos bits corresponde a bits de sincronismo, alinhamento e controle do quadro.

O formato do quadro difere com o sentido de transmissão. A figura abaixo exemplifica o formato do quadro para os dois sentidos de comunicação da RDSI. Um quadro no sentido de comunicação Terminal de Rede 1 (NT1) – Equipamento Terminal (ET1 ou ET2). O outro no sentido, Equipamento Terminal (ET1 ou ET2) – Terminal de Rede 1 (NT1).



**Figura 14- Formato do quadro na interface S/T**

Cada quadro é composto por :

- ✓ 2 amostras de 8 bits do canal B1;
- ✓ 2 amostras de 8 bits do canal B2;
- ✓ 4 bits do canal D;
- ✓ Bit F, para alinhamento do quadro;
- ✓ Bits Fa e N, para auxiliar o alinhamento do quadro;
- ✓ Bit A, para informação de ativação;
- ✓ Bits S e M, para reserva e estrutura de multiquadros;
- ✓ Bit L, para balanceamento do quadro.

Dentro de cada quadro são inseridos 36 bits destinados a transporte de informação útil ao usuário. Os 12 bits restantes, destinam-se ao transporte de informação útil ao estabelecimento e manutenção da comunicação no RDSI. Dentro deste conjunto, estão os bits F, Fa, N, A, S, M e L.

O quadro usa o código AMI (*Alternate Mark Inversion*). Cada bit do quadro pode assumir três valores possíveis de tensão na linha, um valor positivo, negativo ou nulo. Detalhes sobre a codificação serão discutidos posteriormente.

O bit L serve para balancear o quadro, anulando o nível DC.

### **15.1- Procedimentos da Camada Física**

São definidos dois procedimentos para a camada física :

- ✓ Controle de acesso ao canal D;
- ✓ Ativação e desativação;

#### **15.1.1- Controle de Acesso ao Canal D**

Este procedimento permite que vários terminais conectados na RDSI tenham acesso ao canal D de uma forma ordenada e sem colisão. Com o intuito de atender a necessidade de vários terminais usarem o mesmo meio para enviar a sinalização, a RDSI é dotada de uma técnica de acesso ao meio. O mesmo protocolo usado pela rede Ethernet, o CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection*). A técnica consiste em ouvir o barramento (ouvir o canal D). Se estiver livre, o meio pode ser usado para o envio de informações de sinalização. Caso contrário, o terminal do usuário continua ouvindo o

barramento até que o mesmo fique livre. O terminal do usuário determina o estado do barramento (ocupado ou livre), escutando o número de 1's consecutivos.

Existe um conceito muito importante associado a técnica de acesso ao meio, o conceito de prioridade. Existem duas classes de prioridade, a prioridade mais alta (classe 1) conta uma sequência de 8 bits 1 no barramento. A prioridade mais baixa (classe 2), conta 10 bits 1 no barramento. Para explicar melhor o funcionamento do protocolo de acesso ao meio, a sequência abaixo explicita o funcionamento :

1- O terminal do usuário A (classe A) “ouve” o barramento. Quando encontra 8 bits 1 consecutivos, o terminal envia a sinalização pelo canal D. Ao término da comunicação, a sua prioridade cai. Caso o terminal necessite realizar uma outra comunicação via canal D, ele terá que contar 9 bits consecutivos agora. A prioridade do terminal é recuperada quando ele executa sua segunda comunicação no canal D.

2- Neste instante, o terminal B (classe B) “ouve” o barramento. Quando encontra uma sequência de 10 bits, o estado do barramento, do ponto de vista do terminal B, é livre. O terminal B executa uma comunicação via canal D. Sua prioridade, também, cai. O terminal terá que contar 11 bits. Da mesma forma que o terminal classe A, a sua prioridade só é recuperada quando ele executa uma segunda comunicação no canal D

3- Caso ocorra uma colisão, ganha o acesso ao barramento, o terminal que colocar um bit 0 primeiro no barramento.

4- A detecção da colisão é realizada em função da escuta de ecos no barramento. O bit E do quadro RDSI da camada física sinaliza a existência de ecos no canal D. Quando o quadro flui no sentido ET – NT1, o bit E apresenta nível lógico 1. Se o bit E estiver com nível lógico 0 quando o quadro retornar (NT1-ET), então ocorreu eco no barramento, conseqüentemente houve uma colisão.

### **15.1.2- Ativação/Desativação**

Um telefone convencional não consome potência quando está com o fone no gancho. Nas interfaces RDSI, a sinalização é trocada por mensagens em vez de eventos elétricos. Para uma chamada ser reconhecida, a interface RDSI analisa constantemente o comportamento destas mensagens. Para isto, a interface fica consumindo potência constantemente.

O procedimento de ativação e desativação oferece ao usuário a possibilidade do RDSI operar em *stand by*. Quando desativado, o RDSI funciona apenas com as funções

essenciais para o reconhecimento das chamadas de entrada. Na situação inversa, ativado, o RDSI volta a situação de consumo normal de potência.

Do ponto de vista da instalação, o terminal do usuário só pode ser ativado pela usuário que quer iniciar uma chamada. Ou seja, o usuário que inicia uma chamada para um terminal desativado, põe este terminal no seu estado de consumo normal de potência. Por outro lado, a desativação é iniciativa da central. Com o término de todas as chamadas, a central põe o terminal do usuário em *stand by* (desativado).

## **16- Codificação de Linha**

A codificação de linha consiste na representação eficiente de uma sequência de bits a ser transmitida de acordo com as características do meio de transmissão. A representação usual de uma sequência de bits consiste na atribuição de um nível positivo de tensão para o bit 1 e nível de tensão nulo o bit 0. No entanto, esta representação em linhas de transmissão não é adequada. É necessário um código de linha que possua nível DC nulo.

Para o padrão RDSI Europeu foi escolhido um código quaternário chamado 4B3T. Este código representa um conjunto de quatro bits por 3 níveis de tensão na linha.

A tabela 3 cita algumas palavras digitais e suas respectivas combinações ternárias de tensão de linha.

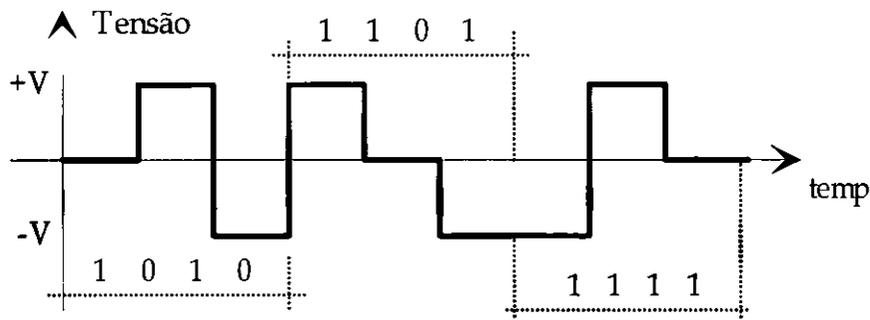
<b>Palavra Binária</b>	<b>Desbalanc. Positivo</b>	<b>Desbalanc. Nulo</b>	<b>Desbalanc. Negativo</b>
<b>0000</b>	- - -		+ + +
<b>0001</b>	- - 0		+ + 0
<b>0010</b>	- 0 -		+ 0 +
<b>0011</b>	0 - -		0 + +
<b>0100</b>	- - +		+ + -
<b>1101</b>		+ 0 -	
<b>1100</b>		- 0 +	
<b>1110</b>		+ - 0	
<b>1111</b>		- + 0	

**Tabela 3- Codificação de linha 4B3T**

De acordo com a tabela, as colunas da esquerda ou da direita são escolhidas para uma determinada palavra de acordo com o desbalanceamento do nível DC da linha do usuário. O propósito desta escolha é manter a linha sempre balanceada (nível DC nulo). Por exemplo, quando a quantidade de pulsos positivos for maior do que a quantidade de pulsos negativos, o nível DC da linha é positivo. O codificador passa a utilizar o padrão de códigos da coluna da esquerda (desbalanc. positivo). A coluna da esquerda insere um nível DC negativo para contrabalançar com o nível de tensão positivo da linha neste instante. Segundo este procedimento, o nível DC da linha mantém-se nulo.

A coluna do meio é balanceada individualmente. Os níveis ternários de tensão escolhidos para coluna do meio possuem média zero. Como se pode ver inspecionando a tabela.

A figura ilustra o código 4B3T. O que se pode observar na figura 14 é que para cada quatro bits existe uma combinação de três níveis de tensão (tensão negativa, positiva e nula) na linha do usuário.



**Figura 15- Codificação de linha 4B3T**

O padrão americano adotou o código 2B1Q. Com o mesmo princípio do código 4B3T, o código atribui um nível de tensão para cada dois bits do fluxo de dados na linha do usuário. A tabela abaixo exemplifica o código.

Palavra Binária	Palavra Quaternária
10	+3
11	+1
01	-1
00	-3

**Tabela 4-Codificação 2B1Q**

O padrão americano possui um número menor de símbolos na linha, metade em relação a taxa de bits do sinal binário. Esta situação traz vantagens como redução de atenuação do sinal, redução de interferências, diafonias e a detecção correta dos níveis.

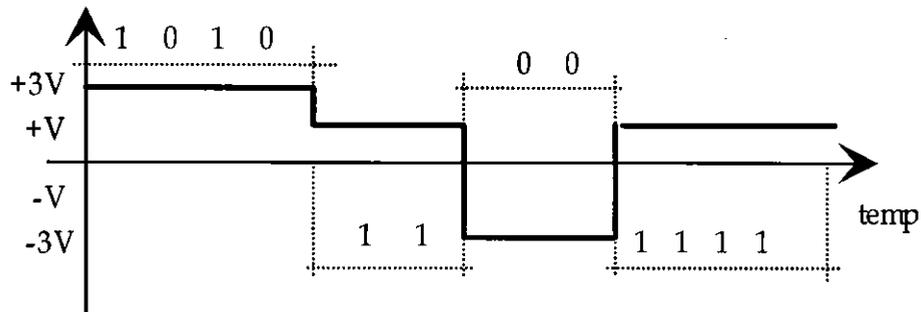


Figura 16- Codificação de linha 2B1Q

### 17- Camada Física- Acesso Primário

No acesso primário, as características elétricas são determinadas pelo padrão americano ou europeu atribuído a primeira hierarquia digital dos sistemas PCM. No caso do Brasil e da Europa, a primeira hierarquia digital funciona a uma taxa de transmissão igual a 2,048Mbps. O padrão americano, opera a 1,544Mbps

A estrutura do quadro é diferente do formato do RDSI-Acesso Básico. O quadro é composto por 32 canais PCM de 64Kbps. O canal 0 é destinado as informações de controle e sincronismo do PCM. O restante dos canais é destinado ao tráfego de voz e dados provenientes dos terminais do usuário.

A figura 16 abaixo ilustra o quadro RDSI- Acesso Primário.



Figura 17- Formato do quadro

O canal 16 é o meio onde trafega os sinais de sinalização do RDSI (canal D). Já no padrão americano, o canal 23 é responsável por este tipo de tráfego de sinais.

Os procedimentos atribuídos ao Acesso Básico não existem para Acesso Primário. Procedimentos de ativação/desativação não se aplicam porque a interface mantém-se sempre ligada. A técnica de acesso ao canal D não existe, porque a interface só se aplicam a configurações ponto a ponto, não existe disputa do canal D pelos terminais do usuário.

Existem procedimentos normais de manutenção e passagem do CRC e alarmes. Estes procedimentos passam pela interface de acesso primário e são gerados/tratados por equipamentos externos.

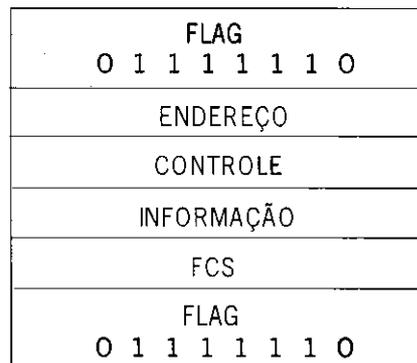
## **18- Camada de Enlace de Dados**

A camada de enlace de dados prover uma comunicação lógica entre os dois equipamentos que desejam estabelecer comunicação, com a finalidade de garantir o transporte confiável das mensagens de sinalização entre estes equipamentos.[2]

Dentre os bits que circulam na camada 1, alguns destes bits são do canal D. Para o equipamento compreender a informação do canal D, ele deve armazenar estes bits até formar um “quadro” da camada 2.

O real propósito da camada 2 é transportar mensagens da camada 3 (ou superiores) através do canal D. Este procedimento é chamado de LAPD (*Link Access Procedure on D channel*).

A estrutura do quadro é muito parecida com a utilizada na rede de pacotes existente atualmente (protocolo X.25). O final e o início do quadro são delimitados por flags. A sequência dos bits do flag é fixa e única, como se pode ver na figura 18.



**Figura 18 Estrutura do quadro Camada 2**

O campo de endereço introduz diferenças significativas no protocolo LAPD com relação ao protocolo X.25. Como o RDSI prover comunicação por difusão (situação típica onde um barramento pode suportar vários equipamentos terminais compartilhando do mesmo meio) , justamente este campo foi modificado para permitir a multiplexação de quadros de

camada 2, provenientes de terminais diferentes. O campo de endereço apresenta a sua estrutura, segundo a figura 19.

SAPI	C/R	EA
TEI		EA

**Figura 19- Estrutura do campo de endereço**

O campo SAPI (*Service Access Point Identifier*) identifica a que função o quadro é destinado. De um modo geral, existem três funções. O quadro LAPD pode ser de sinalização, manutenção ou de dados de usuário. O SAPI pode assumir quatro valores : 0, 1, 16, 63. Quando assume valor 0, significa que o quadro é de sinalização. Caso o valor do SAPI seja 1 ou 16, o quadro é de informação do usuário, usando protocolo LAPD (para SAPI igual a 1) ou X.25 (SAPI igual a 16). Com o SAPI igual a 63, o quadro é de manutenção.

O campo TEI (*Terminal Endpoint Identifier*) identifica o ponto final de conexão, no terminal ou na rede, dentro do SAPI especificado. Cada terminal do usuário recebe uma identificação (TEI) que o localiza no barramento S/T RDSI.

O campo C/R (*Comand / Response*) identifica se o quadro é de comando ou resposta.

O campo EA (*Extension*) identifica se o byte é o último do campo de endereço, ou se existem outros que o seguem. Se o campo EA for igual a zero, significa uma extensão. Se EA for igual a 1, significa que o byte é final.

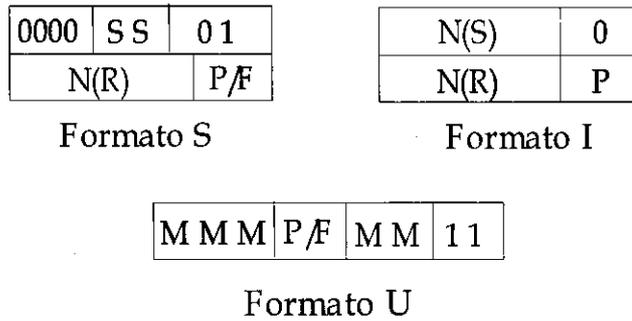
Voltando a figura 18, abaixo do campo de endereço, há o campo de controle. Este campo é responsável pelo estabelecimento e desconexão lógica do enlace de dados. Para este campo são especificados três formatos.

O formato I especifica quadros de transferência de informação numerados e com controle de sequência.

O formato S especifica quadros de supervisão de enlace (bloqueio e liberação de fluxo de dados, rejeição de quadros com erro).

O formato U especifica quadros não numerados (operação não confirmada) e para estabelecer ou liberar o enlace de dados.

Para cada campo de controle, o formato assume uma estrutura diferente. A figura 20 ilustra a estrutura do campo de controle para cada formato.



**Figura 20- Estrutura do campo de controle para cada formato**

Dado as diferentes composições do campo de controle para cada formato, são identificados alguns campos na figura 20. Os campos são N(S), N(R), S, M e P/F. O campo N(S) especifica o número de sequência dos quadros enviados e N(R), o número de sequência dos quadros recebidos.

O bit S depende do tipo de quadro de supervisão.

O bit M depende do tipo de quadro não numerado.

O bit P/F tem como função incitar uma resposta do outro lado (sendo usado basicamente em situações de erro, quando se tenta saber o estado do lado remoto).

Seguindo a estrutura de quadro ilustrada na figura 18, o próximo campo é o campo de informação. Este campo é responsável pelo transporte de informação útil ao usuário e protocolo para camadas superiores. O objetivo do protocolo da camada 2 (LAPD) é transportar com confiabilidade os dados contidos neste campo.

O número máximo de bytes contidos neste campo é 128, segundo as especificações do CCITT em 1985.

Ainda continuando o estudo sobre a estrutura do quadro LAPD, o último campo é o de sequência de validação do quadro (FCS). Este campo é responsável pela detecção e correção de erros inseridos na camada física. O sistema de correção é implementado segundo a técnica de correção CRC.

### **18.1- Procedimentos da camada de enlace de dados**

O protocolo implementado na camada 2 permite a realização de 4 procedimentos, discutidos em seguida.

A administração do TEI é o primeiro procedimento a ser discutido. Considere que um equipamento foi conectado no barramento S/T. No momento da conexão a camada 2 providencia a obtenção do TEI para o equipamento. O TEI funciona, como já discutido, como um identificador para o equipamento no barramento S/T.

O segundo procedimento corresponde ao estabelecimento do enlace. Quando o usuário A (transmissor) deseja se conectar com o usuário B (receptor). O lado transmissor envia um quadro para o receptor. Caso o receptor possa estabelecer a conexão, o lado receptor envia um quadro de reconhecimento ao usuário A, confirmando o estabelecimento da conexão. Considerando que o receptor por algum motivo não possa estabelecer a chamada, o mesmo envia um quadro DM (*mode disconnect*) para o transmissor.

A transferência de informação é justamente a função de transmitir dados do usuário *full-duplex*. Todos os atributos da camada 2 tem como função a garantia de uma conexão confiável para a transmissão de dados úteis ao usuário. Este item corresponde ao terceiro procedimento.

O quarto e último procedimento é a liberação do enlace. A camada 2, através do comando da camada 3, rege as informações de estabelecimento, conexão e transmissão de informação. Como será discutido adiante, a solicitação destes serviços a camada 2 é feita através de primitivas da camada 3. O momento de liberação do enlace é o resultado da ação de uma primitiva da camada 3 que solicita à camada 2, o envio um quadro ao receptor (usuário B) chamado *Disconnect*. Neste momento, o transmissor reconhece que o *link* está desfeito.

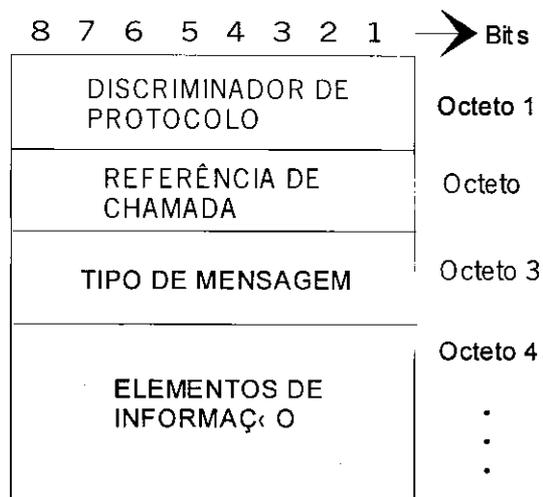
## **19- Camada de Rede**

A camada 3 é responsável pelo controle e supervisão das chamadas [9]. Operações de desconexão e estabelecimento da chamada são definidos nesta camada. Através desta sinalização, a rede fica sabendo da capacitação de suporte necessária ao serviço de suporte e número de destino.

As mensagens de sinalização da camada 3 são enviadas ao destino via camada 2. As mensagens de sinalização são trocadas em quadros de LAPD, em seus campos de informação.

A camada 3 se comunica com a camada 2 através de primitivas. O estabelecimento, a desconexão da chamada e o transporte de informação, são alguns serviços da camada 2

requisitados pelas primitivas da camada 3. A estrutura do quadro da camada 3 é ilustrada na figura 21.



**Figura 21- Estrutura do quadro da camada 3**

Existem três bytes que são obrigatórios na composição do quadro da camada 3. O discriminador de protocolo, referência de chamada e tipo de mensagem.

O discriminador de protocolo identifica a qual protocolo pertence a mensagem, se a uma sinalização RDSI ou a uma sinalização X.25.

A referência de chamada identifica dentro de um mesmo enlace, um mesmo acesso e dentro de um mesmo protocolo, a qual chamada pertence uma determinada mensagem.

O campo “tipo de mensagem” identifica o tipo de mensagem propriamente dita, dentro de um conjunto possível de mensagens. Por exemplo, a mensagem pode ser de estabelecimento, alerta, desconexão, informação de usuário, entre outras.

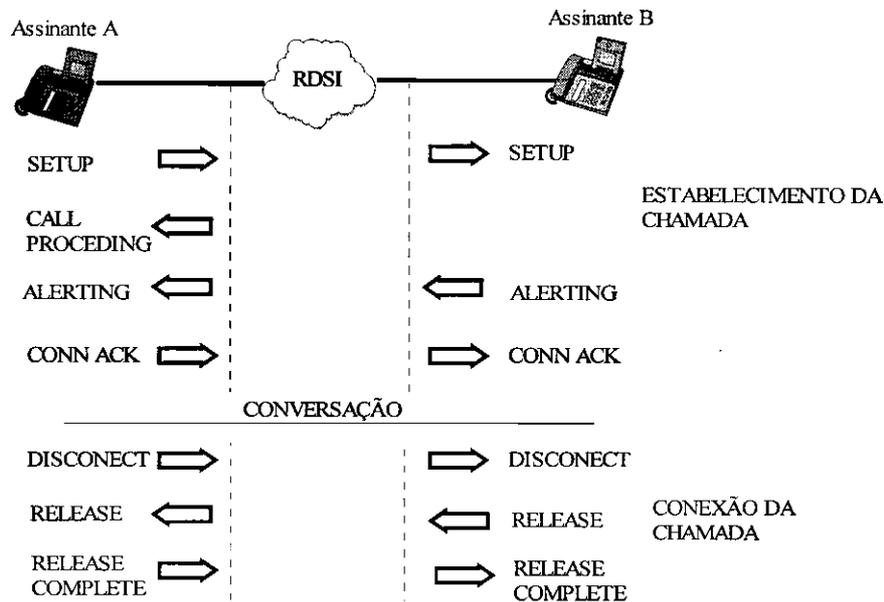
### **19.1- Procedimento da camada de rede**

Para estabelecer uma chamada, os terminais do usuário trocam informações. Considere um usuário A chamando o usuário B, ver figura 22. O terminal do usuário envia um sinal de *SETUP* para a rede. O sinal de *SETUP* contém informações sobre o tipo de serviço de suporte, a identidade da parte chamadora, indicação do canal B que o terminal do usuário deseja e o tipo de teleserviço.

O assinante B envia um sinal de *CALL PROCEEDING* para um assinante A informando que o canal B solicitado esta disponível e autorizando o serviço de suporte.

Os terminais que são compatíveis com a chamada, respondem com o sinal *ALERTING*, indicando que está tocando uma companhia local do terminal. A central insere tom de controle de chamada para a origem no canal a ser utilizado na chamada e envia um *ALERTING* para o usuário chamador.

Quando o terminal do assinante atende, o mesmo envia o sinal *CONNECT* para o terminal chamador e conecta o canal B entre as duas interfaces do usuário. Depois desta etapa de sinalização concluída, a conversação é estabelecida



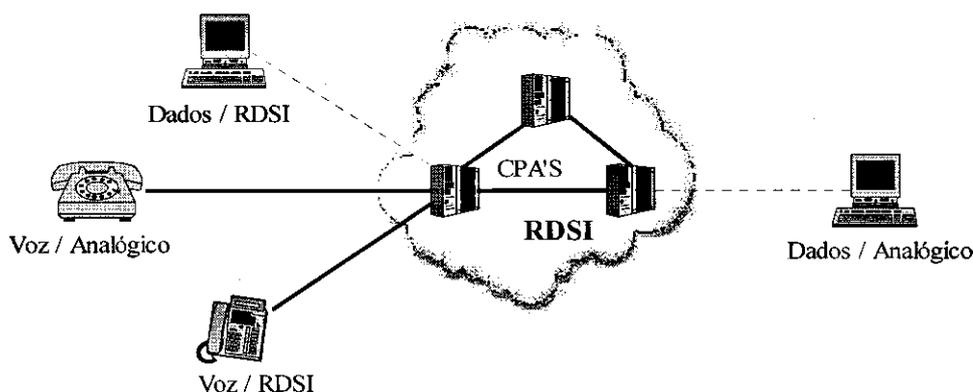
**Figura 22- Estabelecimento e desconexão de uma chamada telefônica**

A conversação é mantida até um dos terminais de usuário (A ou B) deseje “quebrar” a conexão. Considere que o terminal do usuário A faça a desconexão. O terminal do usuário A envia um sinal *DISCONNECT* para a rede RTPC. A rede envia o sinal para o terminal do usuário B. O terminal do usuário B envia o sinal *RELEASE* para o terminal do usuário A (usuário que iniciou a desconexão). O sinal *RELEASE* indica a liberação do *link* estabelecido anteriormente pelo usuário A, durante o processo de conexão. Quando o usuário A recebe a mensagem *RELEASE*, o mesmo envia uma mensagem de liberação do *link*, chamada de *RELEASE COMPLETE*. Cumprido estes sinais, a conexão é desfeita. Caso ocorra outra conexão, todos os sinais discutidos aqui são repetidos.

## 20- Serviços de Suporte

Neste tópico, serão abordado possíveis conexões entre usuários de redes diferentes (RDSI ou RTPC) e entre diferentes terminais de usuários, considerando os diferentes tipos de serviços de suportes. O ambiente RDSI corresponde a centrais telefônicas que comportam a tecnologia RDSI. O ambiente RTPC (Rede Telefônica Pública Comutada) é o nome dado a rede telefônica convencional. Neste ambiente, as centrais telefônicas não comportam a tecnologia RDSI. Vale salientar, que no ambiente RDSI pode existir usuários não-RDSI. A figura 23 e as demais figuras (figura 24, 25 e 26) seguem o mesmo critério citado acima

As linhas tracejadas ilustram o sentido de comunicação e os terminais envolvidos na conexão.



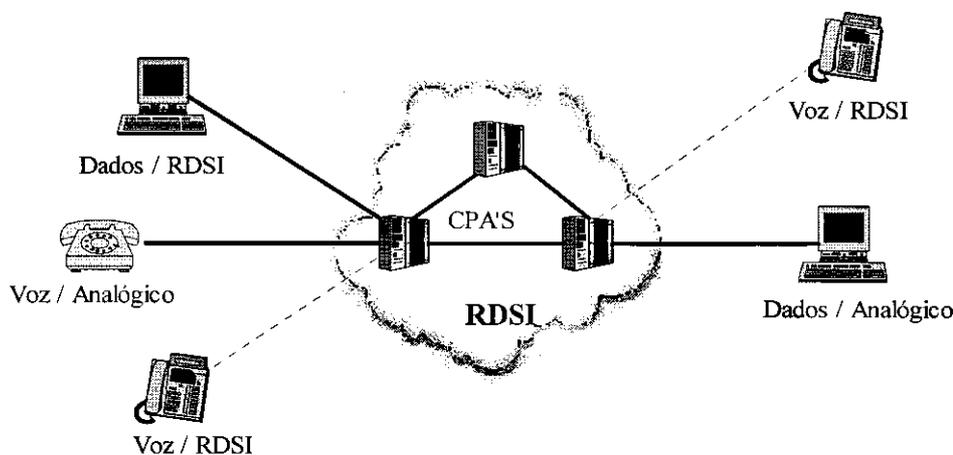
**Figura 23- Serviço de Suporte 64K irrestrito / 64K áudio**

Considere a figura 23. Um usuário de dados/RDSI (usuário A) deseja estabelecer comunicação com um usuário de dados/analógico (usuário B). O protocolo da camada 3 envia um sinal *SETUP* a central, solicitando o serviço de suporte 64K irrestrito. Antes de tudo, deve-se entender que qualquer terminal RDSI possui "inteligência" suficiente para especificar e exigir da central o tipo de serviço suporte necessário para garantir a comunicação. Sob esse aspecto, quando o usuário A deseja conexão com o usuário B. O terminal do usuário A reconhece sua finalidade como um terminal de dados/RDSI, logo solicita o serviço de suporte 64K irrestrito. Esse tipo de serviço suporte garante rota digital fim a fim e exige sinalização ISUP entre as centrais. A finalidade é garantir a integridade dos dados.

Considere uma situação contrária, o usuário B deseja conexão com o usuário A. Nesse caso, como o usuário B não é RDSI, o seu terminal não reconhece a sua finalidade. O mesmo não tem conhecimento sobre o seu propósito (áudio, voz, dados ou vídeo). Nesse caso,

é solicitado o serviço de suporte 64K áudio. Em via de regra, qualquer equipamento não RDSI vai solicitar serviço de suporte 64K áudio, para qualquer tipo de conexão. Esse tipo de serviço garante a comunicação de qualquer tipo terminal que opere dentro da faixa de voz (telefones, modem analógico, entre outros).

Considere o segundo caso, ver figura 24.

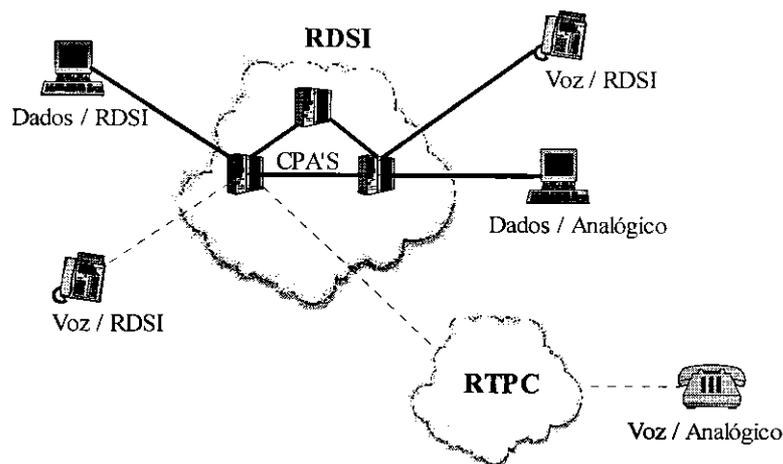


**Figura 24- Serviço de suporte 64K voz**

O segundo caso trata de uma comunicação entre dois telefones RDSI. Durante a inicialização da conexão, o sinal *SETUP* enviado a central, solicita o serviço de suporte 64K voz. Esse tipo de serviço suporte não garante a integridade dos bits. Por ser o serviço suporte menos restritivo, não exige sinalização ISUP e muito menos, rotas digitais. Pelo fato de ser um serviço suporte menos sofisticado, o seu poder de penetração na rede é maior. Essa característica garante o funcionamento entre serviços telefônicos disponibilizados em centrais analógicas e digitais. Como os dois telefones são RDSI, os serviços de suporte solicitados são 64K voz nos dois sentidos. O terceiro caso ilustra melhor esta situação. A figura 25 aborda uma conexão telefônica entre um telefone analógico (usuário RTPC) e um telefone RDSI.

Nesse caso, o usuário A (usuário RDSI) deseja fazer uma ligação telefônica para o usuário B da RTPC (usuário não RDSI). Considerando que o terminal do usuário A é um telefone RDSI, o mesmo solicita o serviço de suporte 64K voz. A requisição de ligação telefônica do usuário A não exige sinalização ISUP entre as centrais. Por isso, garante o funcionamento com as centrais analógicas e centrais digitais que não usem sinalização ISUP.

No entanto, considere contrário. O telefone do usuário B deseja conversar com o usuário A. O terminal telefônico do usuário não possui "inteligência". Como já discutido, nesse caso é solicitado o serviço suporte 64K áudio, conforme já discutido na figura 24.



**Figura 25- Serviço de Suporte 64K Voz / 64K Áudio**

## **21- Acesso a Internet**

Os provedores de internet são o maior alvo de comercialização da RDSI. Dentre as facilidades oferecidas, o acesso a internet a uma velocidade mínima de 128Kbps é o melhor atrativo para os usuários. Em virtude desse fato, alguns Estados estão começando a comercializar a RDSI através da realização de um projeto piloto. Os provedores passam a operar com tecnologia RDSI durante um certo tempo. Terminado esse período, é feita uma avaliação da aceitação do produto pelo provedor e usuários de internet. Essa estratégia visa uma pesquisa de aceitação do produto.

O acesso a internet a uma velocidade relativamente alta é uma consequência de uma facilidade RDSI chamada *Bandwidth-on-demand*. Conceitualmente, a *Bandwidth-on-demand* é a alocação e liberação de canais B para atender um determinado serviço.

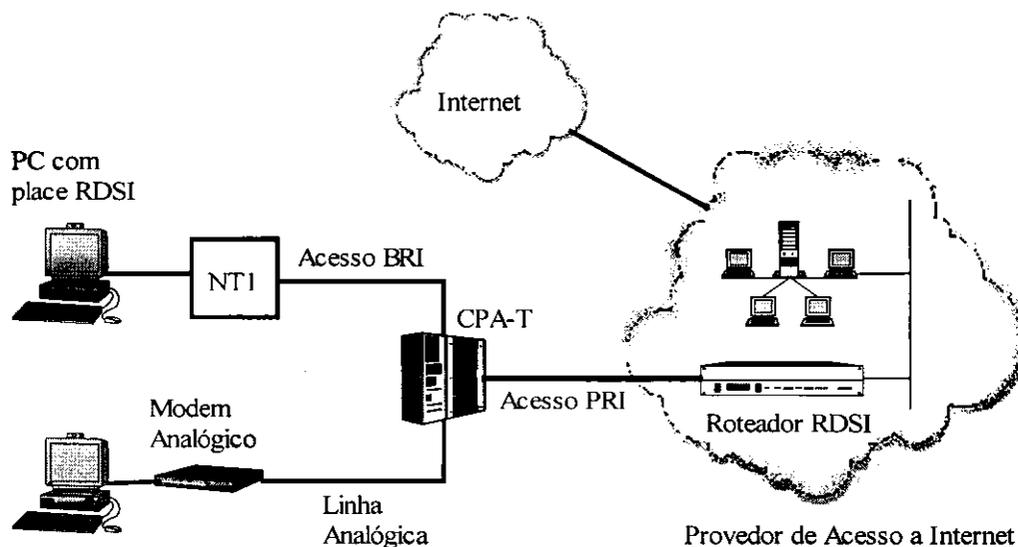
Aplicações especiais que necessitam de uma alta taxa de transmissão como acesso remoto a LAN, videoconferência e acesso a internet são serviços que funcionam de modo adequado sobre plataformas de alta taxa de transmissão. O acesso BRI e PRI disponibilizam ao usuário a possibilidade de combinação de canais B para atender esse tipo de serviço.

A facilidade *Bandwidth-on-demand* é disponibilizada somente ao usuário quando o acesso RDSI é comprado com o serviço suplementar chamada em espera. Somente de posse desse serviço é que o usuário pode utilizar taxas variáveis de dados na conexão com a rede.

Considere um usuário RDSI acessando a internet a uma taxa de transmissão igual a 128Kbps (2 canais ocupados). O mesmo usuário possui serviço suplementar chamada em

espera. Portanto, a sua conexão RDSI prover liberação automática de canais B, caso todos os canais estejam ocupados na realização de uma determinada função (acesso a internet, acesso remoto a LAN ou videoconferência). Se esse usuário receber alguma indicação telefônica, automaticamente um canal B é alocado para atender a ligação. A situação inversa também é válida. Caso o usuário deseje fazer uma ligação telefônica enquanto acessa a internet, um dos canais B é alocado para atender a ligação telefônica.

A figura 26 ilustra um provedor RDSI.



**Figura 26- Provedor de Acesso a Internet**

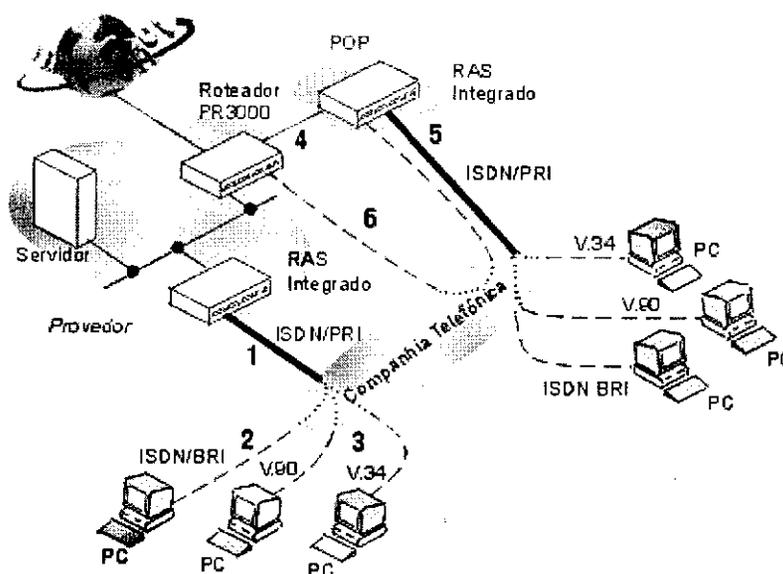
Os provedores devem adquirir um acesso primário (acesso de 2Mbps) conectado a um roteador, também RDSI, que viabilize conexão a internet de usuários RDSI e usuários comuns.

Na figura acima, o provedor possui dois usuários. O usuário RDSI faz acesso a internet via modem RDSI (dentro do computador) via taxa de 64Kbps ou 128Kbps, caso os dois canais B estejam combinados. Como já discutido, o pedido de conexão do usuário RDSI solicita o serviço de suporte 64K irrestrito.

O segundo usuário (um usuário comum) acessa a internet via modem analógico (modem convencional). O serviço de suporte 64K áudio é solicitado. O roteador RDSI comporta discagem via modem analógico. Quando recebe a indicação de acesso, um modem interno do roteador é acionado para atender este tipo de chamada.

A primeira questão importante é a comportabilidade do provedor RDSI com usuários não RDSI. Na verdade, o serviço RDSI é somente interessante para internautas ou usuários que trabalhem com a internet. Para um usuário simples, o acesso discado já o satisfaz.

Uma segunda facilidade oferecida pela RDSI para os provedores é o dial-backup [11]. Considere um provedor RDSI com uma filial (um provedor PoP) conectado ao provedor principal. A figura abaixo ilustra essa situação.



**Figura 27- Provedor RDSI / dial-backup**

O link 1 é um acesso primário (acesso PRI) que interliga o provedor principal a companhia telefônica (figura 27). O provedor PoP é conectado via link 5 através de um acesso RDSI (acesso PRI). O ponto de presença (provedor PoP) acessa a internet via link 4. Isso significa que os usuários do provedor Pop acessam a internet através desse link no provedor principal.

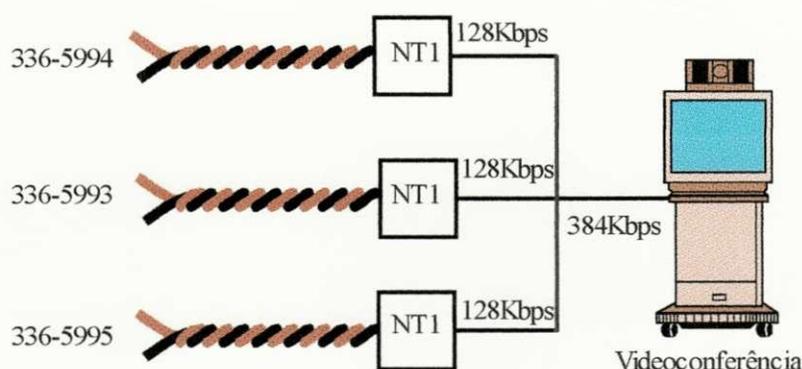
A conexão entre o provedor principal e sua filial está sujeito a congestionamento, devido ao aumento da quantidade de acessos a internet num determinado instante, ou a uma queda do link. Considerando que ocorra uma dessas situações citadas, o provedor PoP faz uma conexão automática com o provedor principal através do link 5 via companhia telefônica. Esse procedimento é ilustrado na figura 27, sentido de comunicação 6. Em suma, a conexão do link 5 funciona como dial-backup para o provedor PoP.

O adequado funcionamento dessa aplicação RDSI depende do tempo de estabelecimento e liberação de uma chamada. Os modems analógicos normalmente demoram de 15 a 60 segundos, enquanto que a tecnologia RDSI, em torno de 3 segundos.

## 22-Videoconferência

A Telemar tem interesse em comercializar um sistema de videoconferência dentro do âmbito da empresa. Por questões administrativas, a videoconferência aproxima as reuniões envolvendo outros estados sob o domínio da Telemar. Em suma, o objetivo é reduzir as distâncias e custos, facilitando o gerenciamento de reuniões da empresa. Além disso, existe um interesse em alugar o serviço de videoconferência para outras empresas.

A videoconferência instalada na Telemar-AL usa 3 linhas RDSI. Partindo da propriedade *Bandwidth-on-demand*, os canais B das três linhas são combinados. A taxa de transmissão resultante é igual a 384Kbps ou 6 canais de 64Kbps combinadas. A figura abaixo ilustra a instalação da videoconferência instalada na Telemar-AL.



**Figura 28- Videoconferência**

A instalação seguiu algumas orientações. Inicialmente, foi feita a solicitação de três linhas RDSI para a sala de videoconferência. Seguindo a estrutura de implantação de um sistema RDSI, três NT1's foram conectados nas linhas telefônicas. O equipamento NT1 utilizado apresentava duas entradas para equipamentos do tipo ET1. Essa característica do NT1 permite a conexão de dois equipamentos RDSI. Por exemplo, a videoconferência e um telefone RDSI.

Os testes de videoconferência foram realizados com a Bahia, Pernambuco e Minas Gerais. Apesar de trabalharmos com a taxa de transmissão igual a 384Kbps, a taxa de transmissão máxima foi de 128Kbps. Os estados testados trabalhavam com a videoconferência conectada a linhas discada do serviço **datafone**. Esse tipo de serviço disponibilizada pelas centrais CPA's trabalham com taxa de transmissão igual a 64Kbps, garante rota digital fim a fim e não exige sinalização ISUP. Devido a essa última

característica, o serviço de videoconferência desses estados não faz parte de um sistema RDSI. No entanto, o serviço de videoconferência da Telemar-AL é um sistema RDSI, as chamadas realizadas exige serviço de suporte 64K irrestrito.

## **Conclusão:**

A vivência prática oferecida pelo estágio é de suma importância para o estudante. Dois conceitos importantes devem ser aprendidos dentro do âmbito da empresa. O primeiro, compreende a aplicação prática de conceitos estudados na Universidade e conceitos assimilados durante o período de estágio. O segundo conceito possui uma aplicação mais geral. Compreende a vivência na empresa, entendendo a sua funcionalidade e relacionamento entre os funcionários.

Dentre as disciplinas estudadas na Universidade, foi de sua importância a teoria assimilada na disciplina Redes de Computadores. Vale salientar, que o estudo de tópicos como Codificação de Linha, TDM foram necessários para compreender o funcionamento da RDSI.

O meu relacionamento com os funcionários foi, até certo ponto, aproveitável no que concerne a minha função de estagiário. Vale salientar, o empenho dos engenheiros Cláudio Calvacanti e Augusto Krap e dos técnicos, Luís Carlos e Ernande Bispo.

Outra questão muito bem aproveitada no estágio, foi a participação de diversos cursos, ministrados pelo CPqD, Siemens e Alcatel. A minha participação nestes cursos, realizados na empresa, foi concebida pelo engenheiro Cláudio. Dentre os cursos realizados na Telemar-AL, o curso sobre RDSI foi de suma importância para a elaboração deste relatório.

O trabalho tratou de dois temas. A Engenharia de Tráfego e a RDSI. A Engenharia de Tráfego aparece como uma área de Telecomunicações escassa nas universidades brasileiras. Existem poucos profissionais nesta área. As operadoras de telefonia fixa e móvel necessitam de profissionais nesta área com o intuito de garantir um bom aproveitamento dos meios de comunicação e a minimização de problemas de congestionamento.

A RDSI é uma plataforma de comunicação digital, a nível de usuário, que oferece facilidades de transmissão de dados, voz, áudio e vídeo por um simples par trançado. Neste tema, não existiu uma aplicação prática citada neste relatório. Por razões da empresa, esta tecnologia não foi submetida a uma operação piloto, muito menos a comercialização. Apesar

de existir uma meta a ser cumprida quanto a sua comercialização em dezembro, esse objetivo me parece distante.

### **Referências Bibliográficas:**

[1] Luiz Fernando Gomes Soares, Guido Lemos e Sérgio Colcher. “*Redes de Computadores*”. Editora Campus Ltda, 1995

[2] Luís Fernando B. Baptistella e Márcio Patusco L. Lobo. “*RDSI - Rede Digital de Serviços Integrados*”. McGraw-Hill, 1990.

[3] <http://www.ralpb.net/ISDN>, on-line (01/12/99)

[4] B. P. Lathi. “*Modern Digital and Analogic Communication System*”. Oxford University Press, Third Edition, 1998.

[5] TELEBRÁS. “*Básico de Centrais Digitais CNTr*”. 1º edição, janeiro de 1996.

[6] Sebastião Márcio Cardoso. “*Tráfego, Teoria e Aplicações Telefônico*”. McGraw-Hill, 1990, São Paulo.

[7] Siemens. “*Teoria do Tráfego Telefônico, Tabelas e Gráficos*”. Nobel 2º edição, 1985, São Paulo.

[8] Andrew S. Tanenbaum. “*Redes de Computadores*”. Editora Campus, 1997.

[9] Ronaldo Bueno de Oliveira, “*Rede Digital de Serviços Integrados*”. Apostila, CPqD-Educação e Treinamento em Telecomunicações.

[10] [http://www.webproforum.com/wpf\\_all.html](http://www.webproforum.com/wpf_all.html), on-line (01/12/99)

[11] [http://www.cyclades.com.br/white\\_19.html](http://www.cyclades.com.br/white_19.html), on-line (01/12/99)