

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA ELETRICA

Este exemplar corresponde
a redação final da tese defendida
por Wilmar Alves Cruvinel de Lima
e aprovada pela comissão julgadora
em 11/09/1987

Shusaburo Motoyama

Uma Central Híbrida

para Comutação de Voz e de Dados .

Wilmar Alves Cruvinel de Lima

Orientador : Prof. Dr. Shusaburo Motoyama

Tese apresentada à Faculdade
de Engenharia Elétrica, da
Universidade Estadual de Cam-
pinas - UNICAMP - como parte
dos requisitos exigidos para
obtenção do título de MESTRE
EM ENGENHARIA ELETRICA .

SETEMBRO 1987

À minha esposa

Tânia ,

aos filhos

Pedro , Bruno e Sibeles

e aos meus pais

Jeronimo e Iraides .

AGRADECIMENTOS :

- Ao Prof. Dr. Shusaburo Motoyama , que me orientou durante todo o trabalho e que se tornou um amigo .
- A Telecomunicações de Goiás S/A (Telegoiás) que através de sua direção motivou e financiou o presente trabalho .
- Aos professores da FEE pelos excelentes cursos que frequentei na POS-GRADUAÇÃO .
- Ao colega Roberto Francisco Salviano pelo incentivo ao desenvolvimento técnico e profissional .
- Ao colega Roberto Silva Lucatteli por seu companheirismo em vários cursos da POS-GRADUAÇÃO - FEE .
- A todos os colegas que contribuíram para realização deste trabalho .

RESUMO

Com a evolução das técnicas digitais , estão surgindo centrais digitais para comutação de sinais de voz .

A grande disseminação dos microcomputadores e de terminais de dados em escritórios e fábricas , está ocasionando a necessidade de uma comunicação entre estes equipamentos . Isto possibilita o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis .

Visando atender a demanda de comunicações de sinais de voz e de dados , estão surgindo centrais digitais para comutação destes sinais de uma forma integrada . Neste trabalho é proposta uma central de comutação integrada de voz e de dados .

A central de comutação proposta possui uma estrutura em anel , e sinais de voz e de dados são tratados em uma forma de pacote simplificado (envelope) , o que possibilita a multiplexação estatística dos sinais . O esquema de comutação proposto é discutido em forma de diagrama de blocos . São , também analisados os problemas de descarte de envelopes de voz e de atraso dos envelopes de dados devido á não disponibilidade dos canais de comutação . Esta análise é feita através de uma simulação em computador .

ÍNDICE

1	-	Introdução	7
2	-	Técnicas de Centrais Digitais	13
2.1	-	Introdução	14
2.2	-	Comutação Digital	15
2.2.1	-	Comutação de Circuito	15
2.2.1.1	-	Terminais de assinantes ...	15
2.2.1.2	-	Circuitos de seviços	17
2.2.1.3	-	Matriz de comutação	18
2.2.1.4	-	Controle	21
2.2.2	-	Comutação de pacote	24
2.3	-	Arquitetura de centrais digitais	26
2.3.1	-	Uma matriz de comutação em um componente	26
2.3.2	-	Uma central digital com controle distribuido	31
2.3.2.1	-	Introdução	31
2.3.2.2	-	Os módulos	31
2.3.3	-	Uma central digital com integração de voz e dados	35
2.4	-	Conclusão	39
3	-	Proposição de uma central com integração de voz e de dados	40
3.1	-	Introdução	41
3.2	-	Arquitetura proposta	42
3.2.1	-	O multiplexador	42
3.2.2	-	O comutador	52
3.2.3	-	Interface externa	58
3.2.4	-	Funções de controle e sincronismo	60
3.3	-	Influências do cabeçalho do envelope e do número de amostras na capacidade o quadro	62
3.4	-	Conclusão	66

4	-	Avaliação de desempenho	67
4.1	-	Introdução	68
4.2	-	Multiplexador com apenas assinantes telefônicos	69
4.2.1	-	Análise matemática	69
4.2.2	-	Análise por simulação	72
4.3	-	Multiplexador com sinais de voz e de dados	83
4.4	-	Conclusão	102
5	-	Conclusão final	103
6	-	Referências	106
7	-	Apendice - Programa de simulação do anel multiplexador para sinais de voz e de dados (Estratégia a)	108

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A evolução das técnicas de comutação telefônica começou logo após a invenção do telefone por Alexandre Graham Bell , em 1875 . Em 1878 , já estava disponível a central de comutação manual . Com a expansão dos telefones , houve a necessidade de uma conexão mais rápida , segura e que mantivesse o segredo da conversação . Assim , em 1889 surgiu a central de comutação automática inventada por Almon B. Strowger . Esta central conhecida com passo-a-passo foi largamente utilizada e continua ainda em operação em muitas redes telefônicas . Na central passo-a-passo , os dígitos recebidos são utilizados diretamente para acionar seletores, nos sentidos vertical e horizontal para escolher dois assinantes que se queiram comunicar . Esta técnica eletromecânica , embora simples , é de pouca flexibilidade, uma vez que caminhos alternativos na matriz de comutação se torna inviável .

Como alternativa , surgiu a técnica de comutação de controle comum . Nesta técnica os dígitos são armazenados inicialmente num registrador e depois estes dígitos são convertidos em pulsos de controle para estabelecer uma conexão de uma maneira progressiva . Esta técnica foi utilizada , em 1938 , na central crossbar N.1 , com a vantagem de poder selecionar caminhos alternativos para uma conexão telefônica .

A invenção do transistor , o progresso da tecnologia dos circuitos de estado sólido que logo se seguiu e o surgimento do computador baseado em controle por programa armazenado , foram fatores preponderantes que mudaram a tecnologia da comutação telefônica , no período após segunda guerra mundial . Surgiu , então , a central de comutação eletrônica , com hardware extremamente sofisticados , com espaço e consumo de energia menores , maior confiabilidade e facilidade de manutenção . A estrutura geral da central de comutação eletrônica , é bastante parecida com as centrais eletromecânicas . Nos contatos para conexão de assinantes são utilizados contatos metálicos na forma de barras cruzadas ou relês , entretanto , no controle comum são empregados componentes eletrônicos e técnicas de controle por programa armazenado .

Desse modo este tipo de central pode ser considerada centrais semi-eletrônicas . O surgimento das centrais totalmente eletrônicas só foi possível com o avanço da tecnologia digital e a utilização desta técnica na rede telefônica . A digitalização da rede telefônica teve início no segmento da transmissão entre centrais de trânsito . A utilização da técnica PCM neste segmento trouxe economia de pares de cabo e possibilitou a utilização de centrais

totalmente eletrônicas e digitais , as chamadas centrais digitais de programa armazenado ou CPA - temporais . A primeira central digital comercial de programa armazenado , a central N.4 ESS da Bell [1] , surgiu no início da década de 1970 . Esta central é baseada no princípio de controle comum , utilizando computador de grande porte no controle . Nos contatos para conexão de assinantes foram utilizados portas lógicas e para fazer a comutação dos conteúdos das janelas temporais das linhas PCM multiplexadas foi utilizada a técnica conhecida como intercambio de janelas temporais .

Com a chegada dos microprocessadores estamos observando atualmente , uma nova mudança na tecnologia de comutação telefônica . Estão surgindo centrais de controle distribuído em lugar de controle comum . Nas centrais de controle distribuído as tarefas de controle são feitas por vários microprocessadores interligados , que trocam informações constantemente .

Estão surgindo , também , centrais de comutação que podem comutar sinais telefônicos e de dados integradamente . A necessidade destas centrais surgiu devido ao aumento de volume de serviços de dados e da utilização de redes de dados independentes da rede telefônica . As redes de dados utilizam uma técnica de comutação chamada comutação de

pacotes . Nesta técnica , os bits de mensagens de dados a transmitir são segmentados em conjuntos de quantidade fixa de bits e são acrescentados cabeçalhos em cada conjunto , que carregam informações suficientes para serem comutados em cada nó da rede .

A existencia de dois tipos diferentes de rede de comunicação não é interessante sob o ponto de vista econômico , pois não compartilham os recursos operacionais da rede .

Desse modo , uma central de comutação que comute sinais de voz e de dados poderá trazer vantagens econômicas .

Neste trabalho é proposta uma central de comutação de voz e de dados que utiliza uma técnica híbrida entre comutação de circuito utilizada em redes telefônicas e comutação de pacotes utilizada em redes de dados . Esta técnica é interessante pois combina as técnicas de comutação que foram desenvolvidas adequadamente a cada sinal (voz e dados) .

A central proposta pode ser utilizada como PABX ou rede de area local com integração de voz e dados .

No capítulo 2 são descritos os conceitos básicos de comutação de circuito e de pacote . Além disso são apresentadas algumas arquiteturas de centrais digitais que aparecem nas literaturas especializadas .

No capítulo 3 é discutida a central digital com integração de voz e de dados proposta . O capítulo 4 é dedicado à avaliação de desempenho do sistema de comutação proposto , com relação às perdas de sinais de voz e do tempo de atraso dos sinais de dados na falta de canais de comutação .

Finalmente no capítulo 5 são apresentadas as principais conclusões do trabalho .

CAPÍTULO 2

TECNICAS DE CENTRAIS DIGITAIS

2.1 - Introdução

O objetivo deste capítulo é introduzir os conceitos básicos utilizados na central de comutação digital e apresentar as arquiteturas das principais centrais de comutação digital de pequeno porte propostas na literatura .

Inicialmente são apresentados os principais blocos funcionais de uma central de comutação digital e estes blocos são explicados em detalhes . A seguir , é apresentada a estrutura de um circuito integrado que pode comutar 16 enlaces de PCM de 32 canais .

E discutida , também , a central Tropicó R do CPqD da Telebrás , como exemplo de central de comutação com controle distribuído .

Por fim , é apresentada uma central de comutação digital capaz de comutar tanto sinais de voz como de dados .

2.2 - Comutação digital

2.2.1 - Comutação de circuito

A rede telefônica é hoje inteiramente baseada na comutação de circuito. A característica principal desta técnica é que no estabelecimento da comunicação fica atribuído um canal virtual que permanece alocado até o seu encerramento.

Na figura 2.1 apresentamos os principais elementos de uma central de comutação telefônica. Descreveremos suas partes sob o ponto de vista de uma central digital.

2.2.1.2 - Terminais de assinantes

O terminal de assinante de uma central digital pode ser digital ou analógico. Para o telefone analógico a linha também operará de forma analógica, ocorrendo a conversão analógico para digital (A/D) e digital para analógico (D/A) na entrada da central. Quando o assinante é servido por um telefone digital a conversão A/D e D/A é feita no próprio terminal e a transmissão na linha é feita digitalmente.

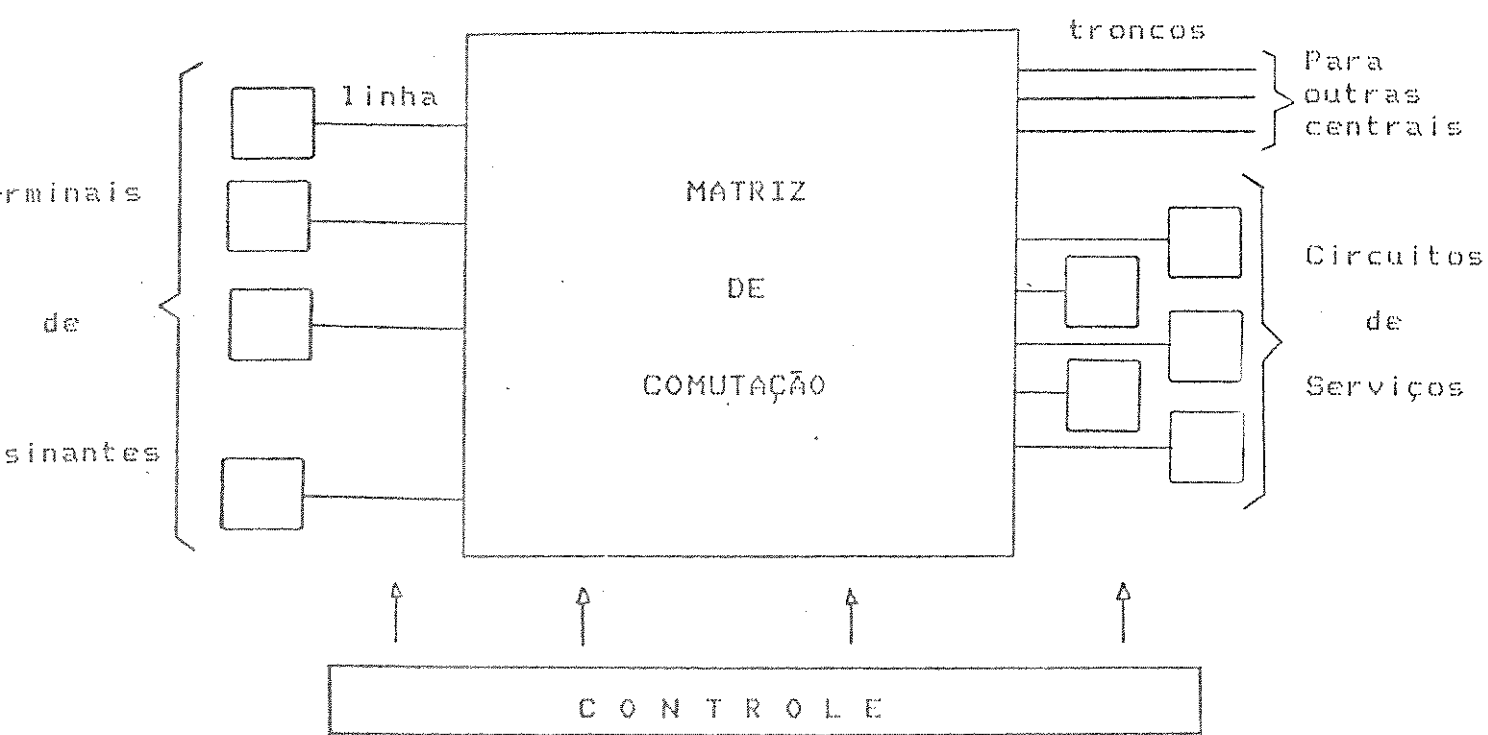


Figura 2.1 - Principais elementos de uma central telefônica .

Esta conversão é efetuada amostrando o sinal analógico com taxa de amostragem de 8 KHz , superior ao dobro da máxima frequência do sinal analógico que é de 3,7 KHz , obedecendo ao teorema de Nyquist .

O processo de codificação adotado nas centrais digitais é o mesmo que já vinha sendo adotado para os sistemas de transmissão , ou seja , PCM quantificado em 8 bits de forma comprimida .

2.2.1.2 - Circuitos de serviços

Os circuitos de serviços são os geradores de tons e registradores . Os registradores são para armazenar os dígitos do assinante chamado para que o controle possa efetuar o estabelecimento ou não da chamada .

Os geradores de tons são necessários para informar os assinantes a condição atual de sua ligação , como : aguardando dígitos , efetuando chamada , número chamado ocupado , número chamado inexistente , etc. Estes tons podem ser gerados de forma digital .

2.2.1.3 - Matriz de comutação

A matriz de comutação digital é constituída basicamente pela comutação temporal (T) e espacial (S - Space) .

O processo de comutação temporal consiste em trocar de posição no tempo , os canais de um enlace PCM .

Para efetuar esta troca deve-se ter duas etapas distintas :

- 1 - Receber o quadro de um enlace PCM de entrada e armazenar cada canal em posições sequenciais da memória de comutação (MC) .
- 2 - Ler a memória de comutação para formar o enlace PCM de saída . Esta leitura deve atender a sequência que estabelece as trocas desejadas .

Os endereços sequenciais da etapa de escrita podem ser fornecidos por um contador binário cíclico . Para a etapa de leitura os endereços são fornecidos pela memória de controle de comutação (MCC) . Na figura 2.2 exemplificamos a comutação temporal . Na posição de endereço 0 (zero) da MCC está armazenado o endereço da MC que deve ser lido para posição 0 (zero) do enlace de saída . Na posição de endereço

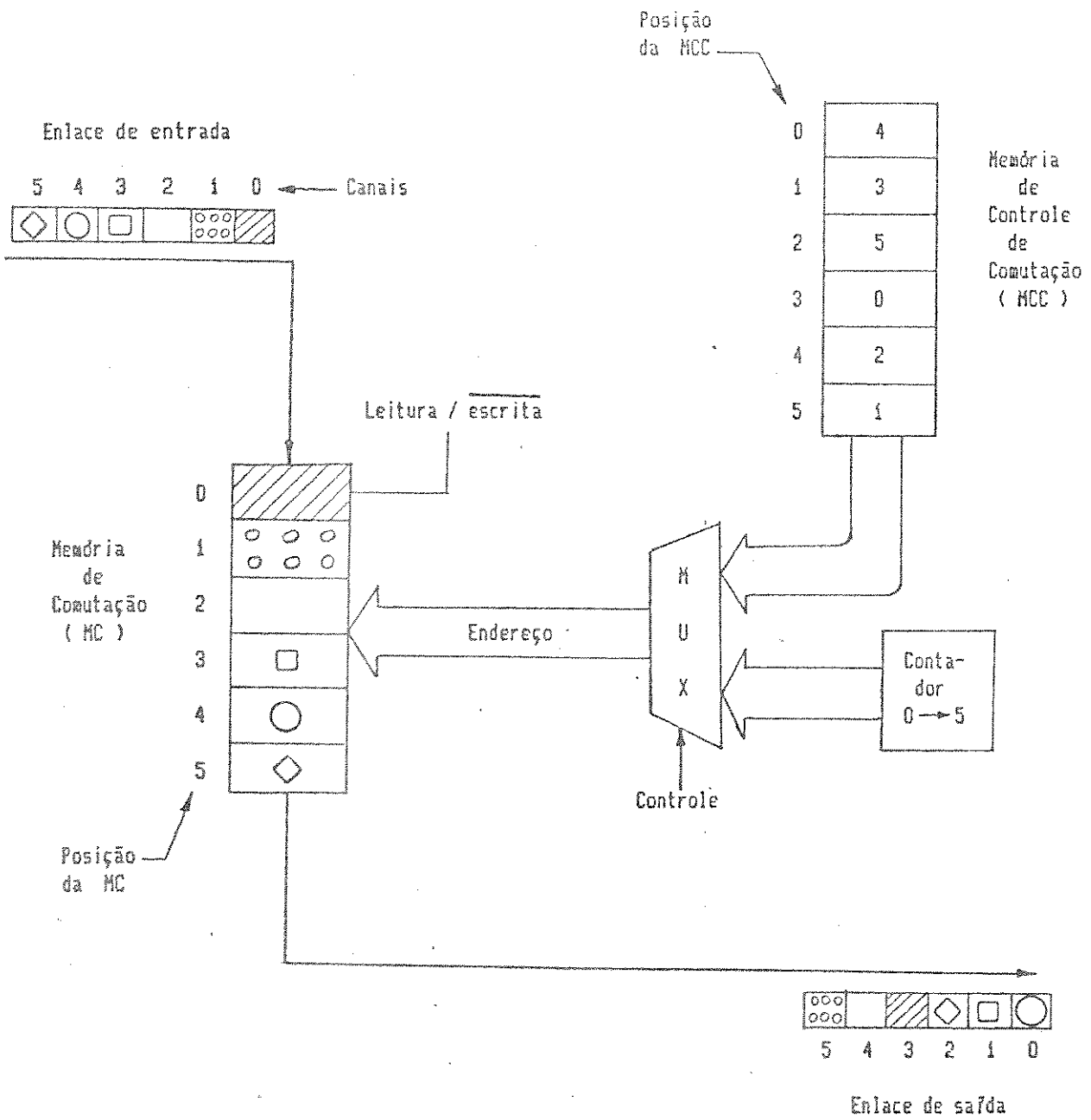


Figura 2.2 - Um ciclo completo de escrita/leitura de uma contagem temporal.

i da MCC está armazenado o endereço da MC que deve ser lido para a posição i do enlace de saída e assim por diante . Desta maneira é formado o enlace de saída de acordo com a comutação desejada .

A MCC só tem o seu conteúdo alterado quando uma nova conexão é estabelecida ou uma conexão em andamento é encerrada . Esta alteração é executada pelo controle da central .

A função do multiplex é aplicar ao barramento de endereço da MC , de maneira alternada , o endereço para leitura e o endereço para escrita .

A estratégia que descrevemos acima para a comutação temporal é chamada de escrita cíclica e leitura aleatória. É possível adotar também a leitura cíclica e escrita aleatória , necessitando efetuar poucas modificações no circuito da figura 2.2 .

Para atender a tráfegos maiores pode-se multiplexar vários enlaces antes de submetê-los para comutação temporal. Desta maneira se consegue maior capacidade de comutação , porém quanto mais canais multiplexados menor deve ser o tempo de acesso às memórias . Portanto o tempo mínimo de leitura/escrita das memórias limitam a ampliação da comutação temporal . A solução é o emprego da comutação espacial .

Em um estágio de comutação espacial os canais dos enlaces PCM de entrada podem ser trocados de enlace , permanecendo na mesma posição temporal . Desta forma é possível encaminhar os canais de entrada diretamente à saída evitando atrasos de armazenamento e leitura . Na figura 2.3 apresentamos uma implementação de um comutador espacial com dois enlaces de entrada e dois de saída . Existe uma memória de controle de comutação (MCC) e um decodificador para cada enlace de saída . Este conjunto fornece nível lógico "1" para uma das portas lógicas "E" permitindo que um dos enlaces de entrada passe diretamente ao enlace de saída , durante o intervalo de tempo de canal .

O controle da central é encarregado de efetuar as atualizações da MCC , quando do estabelecimento ou encerramento de conexões .

2.2.1.4 - Controle

O controle é o elemento que coordena todo o funcionamento da central . São inúmeras as tarefas do controle . Destacamos as seguintes :

- Escolher um registrador livre para armazenamento de

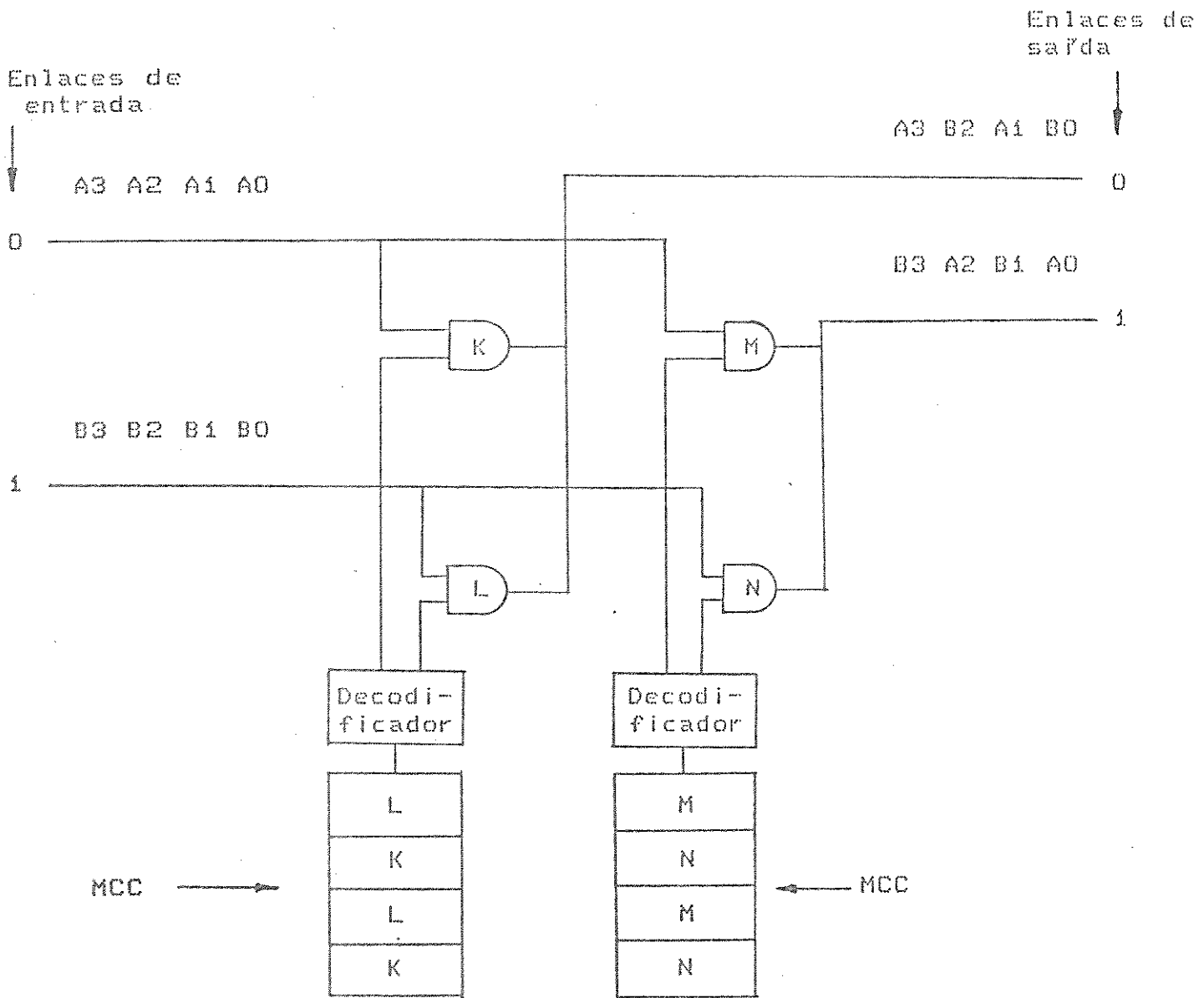


Figura 2.3 - Um ciclo completo de comutação espacial S .

digitos do assinante chamado .

- Escolher caminho livre na matriz de comutação e estabelecer a ligação da nova chamada .
- Atualizar Memórias de Controle de Comutação (MCC)
- Se a nova chamada for para outra central , identificar tronco livre , trocar informações com a outra central e se a ligação for viável estabelecer caminho livre na matriz de comutação entre o assinante chamador e o tronco escolhido .
- Identificar o termino de conversação e encerrar a conexão previamente efetuada .

Até 1979 todos as centrais digitais utilizavam controle centralizado [2] . Este método de controle foi inicialmente empregado tendo em vista a facilidade de implementação utilizando a arquitetura dos computadores de então . Atualmente o controle distribuído está sendo mais utilizado , pois leva a uma implementação mais simples , utilizando microprocessadores comuns . O controle distribuído tem uma vantagem adicional : a degradação suave do sistema na presença de falhas , ou seja , apenas o setor

diretamente envolvido na falha em questão é afetado .

Como veremos adiante , neste capítulo , a central telefônica pública de pequeno e médio porte TRÓPICO R da Telebrás para até 4.000 terminais foi desenvolvida utilizando controle distribuído .

2.2.2 - Comutação de pacotes

A comunicação de dados exige uma rápida conexão com o destino e normalmente mantém uma baixa utilização do circuito . Por estas causas foi desenvolvido um o processo de comutação de pacotes .

Neste processo os bits a serem transmitidos são agrupados em número fixo de bits , aos quais é adicionado um cabeçalho com informações de número do pacote , dos endereços de origem e de destino e de bits adicionais para detecção ou correção de erros . Este conjunto todo de bits é então chamado de pacote .

Cada pacote formado na origem é imediatamente transmitido para estações intermediárias denominadas de nós da rede . Em cada nó o pacote é armazenado , verificada sua condição de erro e só então retransmitido para a saída mais conveniente para atingir seu destino . Desta forma pode acontecer que pacotes pertencentes à mesma ligação passe por

diferentes caminhos e até mesmo que cheguem ao destino fora de ordem . Cabe ao nó de destino efetuar a ordenação antes de entregar as mensagens ao equipamento terminal de dados (ETD) .

Desta forma se consegue uma utilização mais eficiente dos canais de comunicação embora o barramento de endereço da MC , de maneira alternada , o endereço para leitura e o endereço para escrita .

A estratégia que descrevemos acima para a comutação temporal é chamada de escrita cíclica e leitura aleatória. É possível adotar também a leitura cíclica e escrita aleatória , necessitando efetuar poucas modificações no circuito da figura 2.2 .

Para atender a tráfegos maiores pode-se multiplexar vários enlaces e comutação de pacotes é desejável para integrar os sinais de voz e dados . No próximo capítulo vamos propor uma estrutura com este objetivo .

2.3 - Arquitetura de centrais digitais

2.3.1 - Uma matriz de comutação em um componente

Recentemente, em um trabalho apresentado por Purba et al. [3], foi descrito um novo circuito integrado VLSI (Very Large Scale Integration), com aplicação prevista para comutação digital, multiplexagem e demultiplexagem.

Em termos de comutação digital o circuito integrado, denominado MWS (Multi-Write Switch) pode comutar 16 enlaces PCM de 32 canais, em tempo e em espaço.

Na figura 2.4 apresentamos um esquemático da estrutura espacial do MWS. Podemos notar a MC - Memória de Comutação e a MCC - Memória de Controle de Comutação.

A MC é constituída de 16 planos com 16 bancos cada. Em cada banco existe memória suficiente para armazenar as 32 amostras de um quadro PCM. A MCC armazena as posições de leitura de cada enlace de saída.

O método utilizado para se efetuar a comutação pelo MWS é a escrita sequencial e leitura aleatória. Na figura 2.5 apresentamos o processo de escrita. Ela é feita de forma múltipla sendo que cada enlace de entrada ocupa uma coluna de bancos. Ao final do processo de escrita (no fim de cada

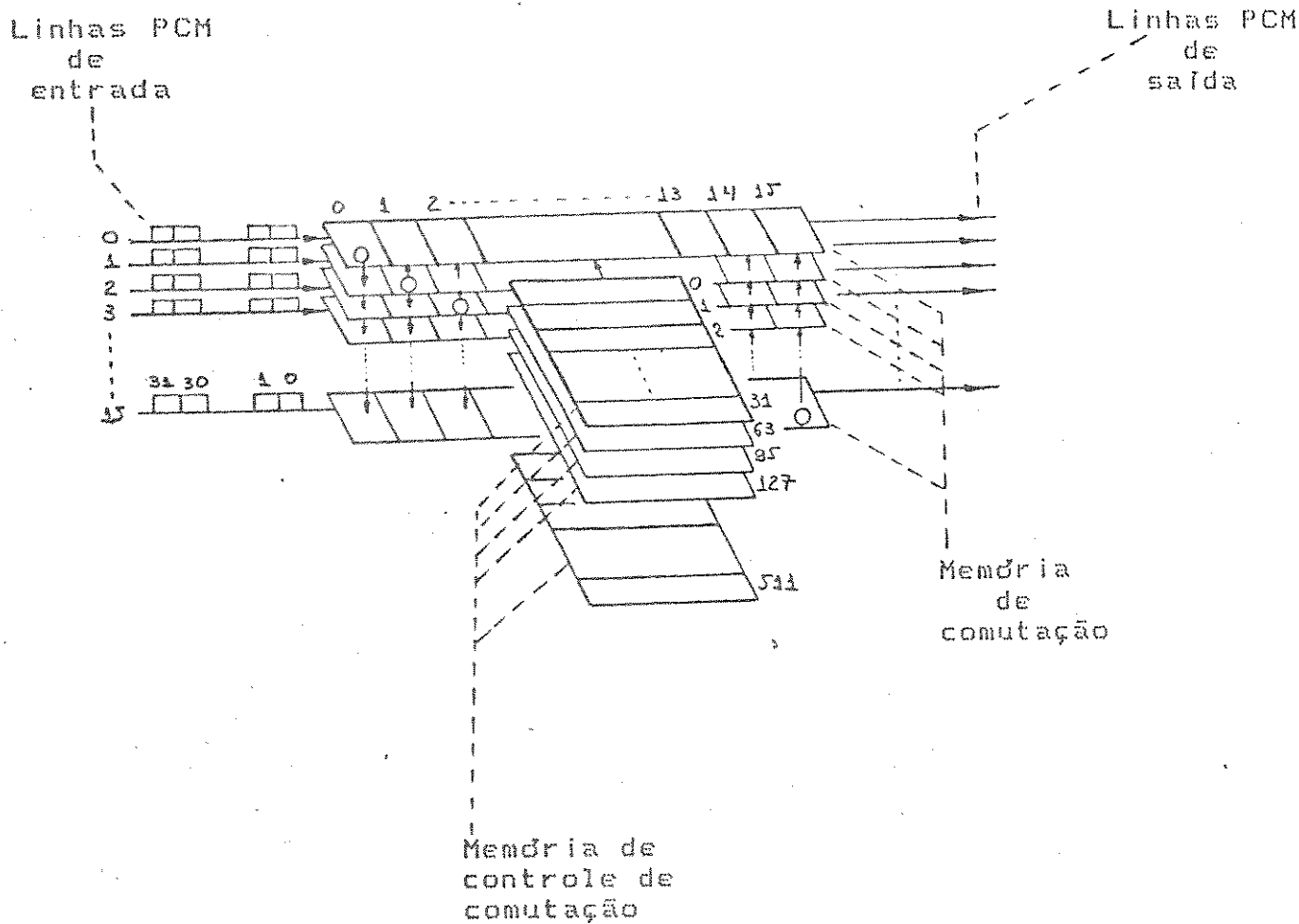


Figura 2.4 - Estrutura espacial do MWS .

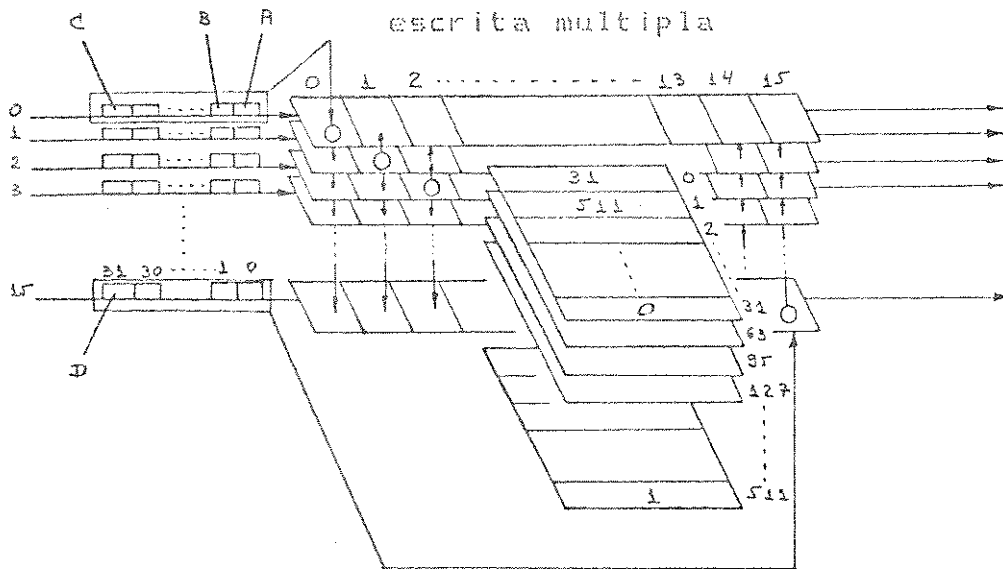


Figura 2.5 - Processo de escrita no MWS

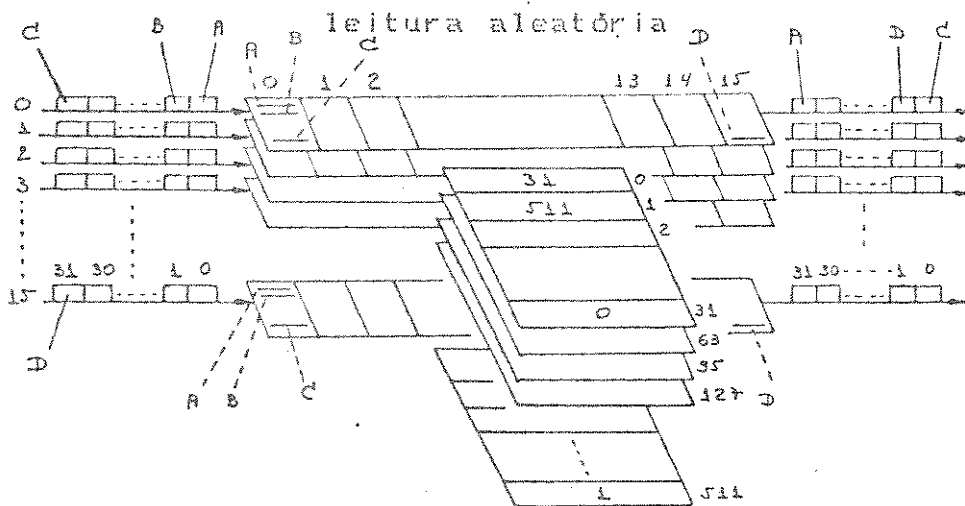


Figura 2.6 - Processo de leitura no MWS

quadro PCM) a amostra de qualquer dos canais de entrada estará repetida em todos os planos . Na leitura aleatória cada plano da MC tem associado um plano da MCC onde esta registrado a posição do plano da MC a ser lido para cada canal de saída (figura 2.6). Podemos concluir que se temos $16 \times 32 = 512$ canais de entrada , é necessário 9 bits por posição da MCC .

Nas figuras 2.7 , 2.8 , 2.9 podemos observar a utilização do MWS como multiplexador , demultiplexador e como concentrador , respectivamente .

Tendo em vista as várias aplicações possíveis do MWS , ele poderá ser utilizado para miniaturizar e baratear a implementação de centrais telefônicas de pequeno e médio porte .

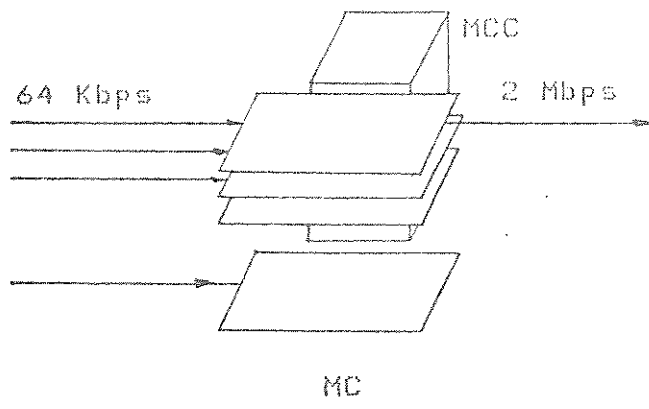


Figura 2.7 - MWS como multiplex .

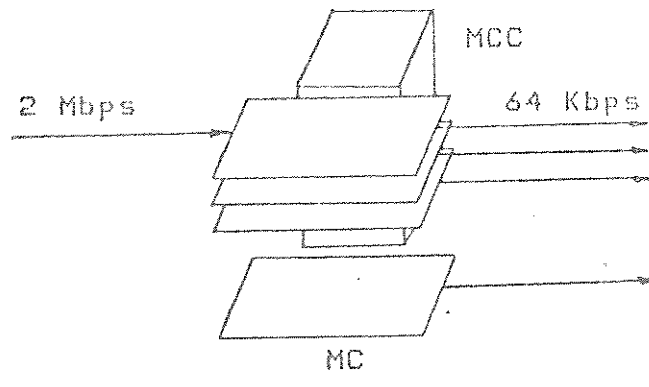


Figura 2.8 - MWS como demultiplex .

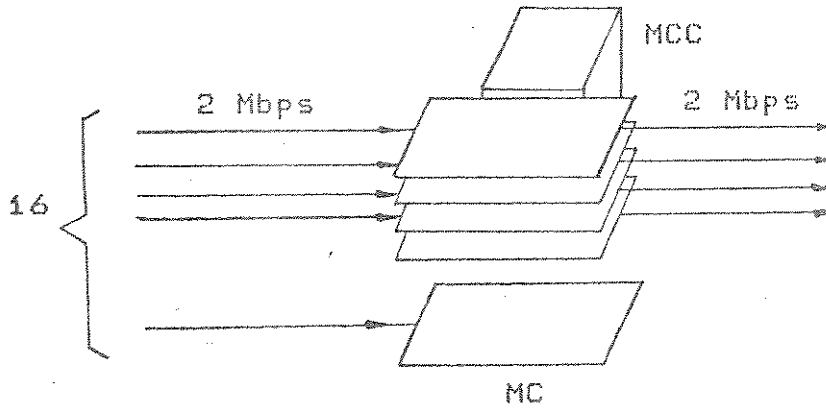


Figura 2.9 - MWS como concentrador .

2.3.2 - Uma central digital com controle distribuído .

2.3.2.1 - Introdução

A central TROPICO R da Telebrás é um exemplo de central desenvolvida adotando-se controle distribuído .Esta técnica possibilita uma degradação suave da central quando da ocorrência de falha em qualquer dos módulos ou processadores [4] . Na figura 2.10 apresentamos uma visão simplificada da central .

A estrutura de comutação adotada foi comutação de circuito , distribuída em tres planos de comutação . Em cada um destes planos são comutados 16 enlaces PCM de 32 canais.

2.3.2.2 - Os módulos :

Os módulos são estruturas independentes com controle próprio efetuado por um ou mais processadores . Eles são divididos internamente em sub-módulos . Cada sub-módulo é controlado por um processador nele incluído .

O MC - Módulo de comutação representa um plano de comutação e é nele que se efetua a comutação dos canais de voz e das mensagens entre processadores . Este plano de comutação é capaz de comutar até 160 Erlang . Como a central pode ser equipada com 3 MC , denominados MC-A , MC-B e MC-C,

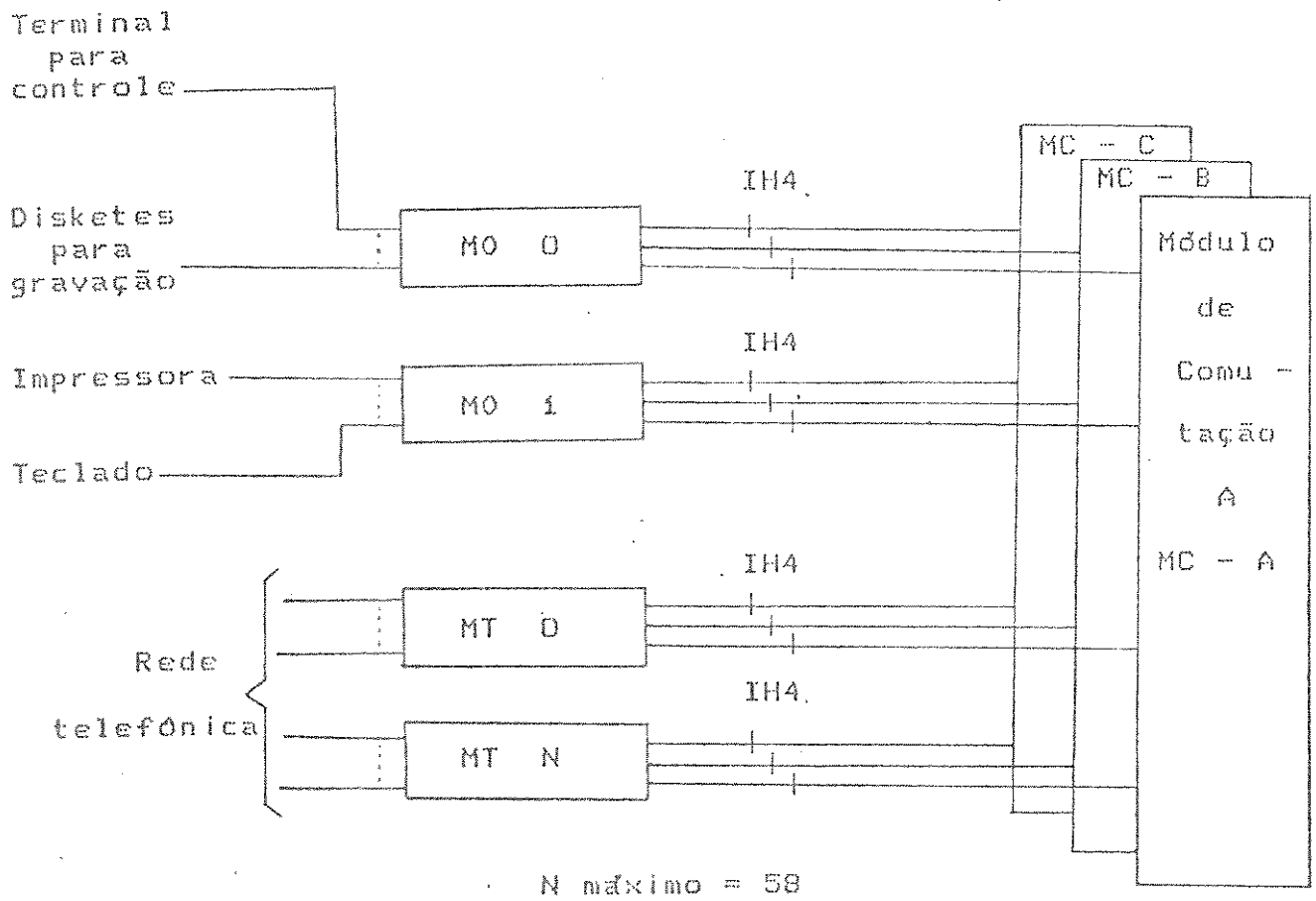


Figura 2.10 - Uma visão simplificada da central telefônica TROPICO R .

concluimos que a capacidade máxima de tráfego da central é 480 Erlang . Entretanto por questões de confiabilidade deve se projetar um tráfego máximo de 320 Erlang permitindo assim a falha de um plano de comutação sem afetar o funcionamento da central . Esta é mais uma característica de confiabilidade do TROPICO R .

E também no MC que se efetua a geração e distribuição do sincronismo para toda a central .

O MT - Módulo de terminais tem apenas um sub-módulo . E neste módulo que se conectam os juntores analógicos e digitais , os assinantes e até mesmo os registradores , receptores e emissores MFC (Multi-frequência Compelida) e MF (Multi-frequência) .

No MO - Módulo de Operação e Manutenção estão as funções de operação , supervisão e gerência da rede . Pode-se ter até dois MO com até quatro sub-modulos cada .

Na figura 2.11 apresentamos a estrutura padrão de um módulo . Os módulos de terminais e de operação são ligados aos módulos de comutação através de Interface Hardware padronizada 4 (IH4) . A IH4 é constituída de 4 enlaces bidirecionais de voz , 2 enlaces bidirecionais de sinalização e 2 enlaces de distribuição de sincronismo .

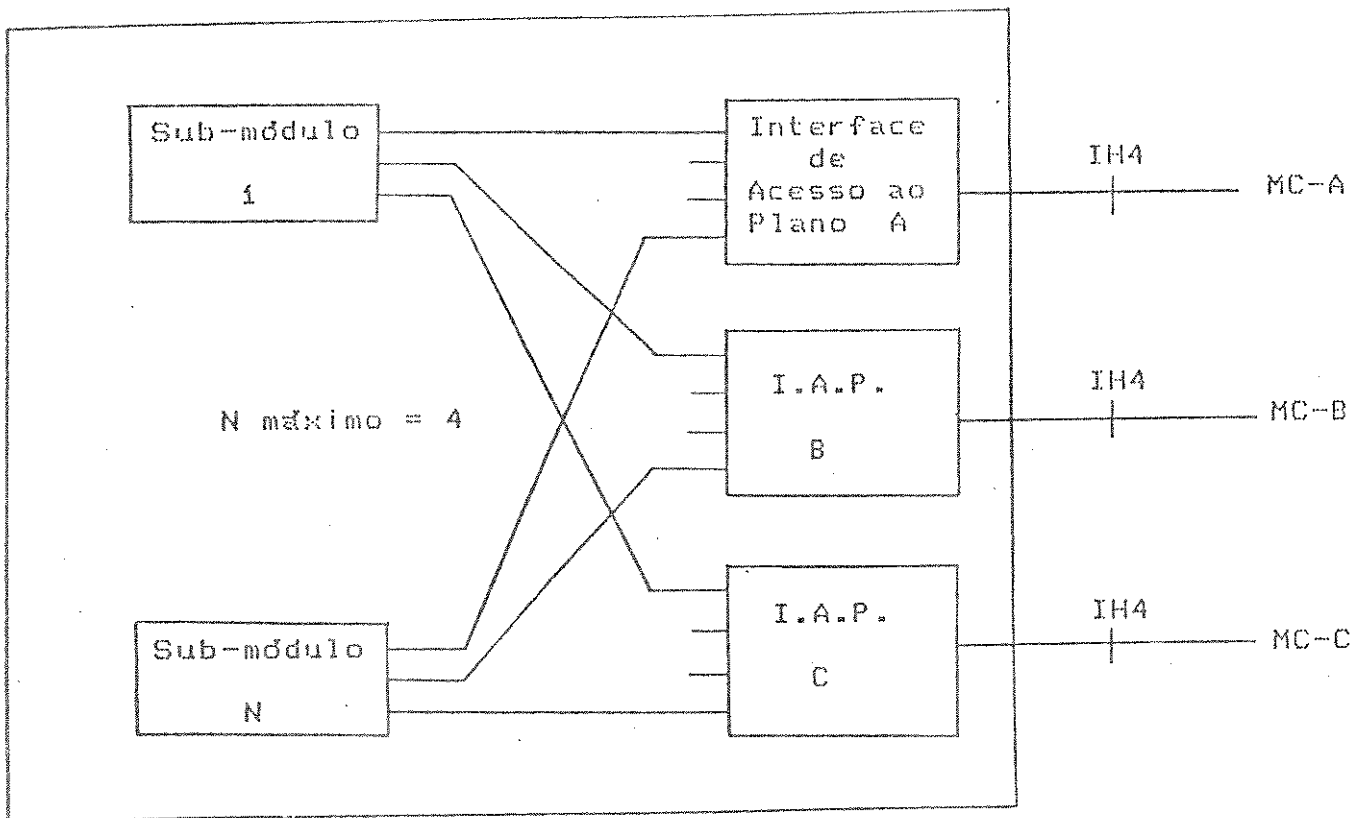


Figura 2.11 - Estrutura padronizada dos módulos da central telefônica TROPICO R .

2.3.3 - Uma central digital com integração de voz e dados .

A principal virtude das redes de área local são sua facilidade em acomodar equipamentos de alta velocidade como impressoras de linha , vídeos e computadores . Por outro lado a transmissão de voz nas redes de área local tem sempre problemas de atraso que são difíceis de resolver a um custo razoável [5] .

J.P.Behr et al.,propos em [6] uma estrutura híbrida entre o PABX e a rede de area local , com o objetivo de resolver as dificuldades acima .

A solução proposta utiliza rede em estrela com linhas individuais operando em velocidades compatíveis com o equipamento atendido . Desta maneira as linhas operam em velocidades mais baixas acarretando menores problemas de instalação e manutenção .

O centro de comutação foi projetado de forma distribuída , através de um canal unidirecional de alta velocidade e de Unidades de Acesso (UA) conforme figura 2.12 .

Em cada UA pode-se ligar uma ou mais linhas de mesmo tipo . A via de alta velocidade é operada em TDM (Time

Division Multiplex) síncrono , uma vez que desta forma facilita a sincronização de toda a rede .

Foi projetado uma figura de tempo contendo M linhas e N colunas , perfazendo um total de $M \times N$ janelas temporais .

Esta figura de tempo foi dividida em duas partes : Canais de Alta Velocidade (CAV) e canais de faixa estreita (CFE) de 64 Kbps . A divisão entre os CAV e os CFE é feita em função do tráfego , sendo que a alocação é feita em números inteiros de linhas , conforme figura 2.13 .

Acesso aos CAV - Canais de alta velocidade

Durante a passagem da janela de Controle de Acesso , a estação que deseja transmitir introduz seu código de identificação . Esta reserva é feita para a linha seguinte . Se não ocorrer colisão , na próxima linha a estação transmite o destino , a mensagem e os bits de checagem de erro de transmissão .

Como todas as UA estão em paralelo pode acontecer que duas ou mais destas unidades transmitam suas identificações na janela de controle de acesso e mesmo assim a colisão não exista . Isto ocorrerá sempre que uma das estações (a

vencedora) tenha em seu código de identificação apenas "1"s (uns) onde as outras (as perdedoras) tenham "1"s (uns) e "0"s (zeros) .

Acesso aos CFE - Canais de faixa estreita

O acesso aos CFE é estabelecido por uma UA que possui um servidor de janelas de tempo . A unidade que deseja um canal CFE manda uma mensagem para o servidor de janelas de tempo via CAV e recebe , também via CAV , a autorização com a designação das janelas de tempo alocadas para aquela comunicação .

A unidade de acesso que possui o servidor de janelas de tempo tem em seu código de acesso apenas "1"s (uns) , o que garante seu acesso ao barramento sem sofrer conflito . Assim sendo , também não haverá conflito na utilização dos canais CFE .

Este processo de transmissão chamado originalmente de CCF - Contention on Control Field (Conflito no Campo de Controle) tem um desempenho superior ao CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) em tráfegos médios e alto . Para baixos tráfegos o CSMA/CD possibilita um menor atraso médio pois a estação que deseja transmitir o faz de pronto e a probabilidade de colisão é pequena .

2.4 - Conclusão

Descrevemos os principais elementos de um central telefônica digital . Para a matriz de comutação , apresentamos as técnicas de comutação temporal e espacial . Foram comentadas as funções do controle e a estratégia de

Apresentamos um circuito integrado VLSI capaz de comutar em tempo e espaço 16 enlaces PCM de 32 canais . Este CI pode também ser usado como concentrador , multiplex e demultiplex , possibilitando apenas com seu uso o projeto das vias de voz de uma central telefônica digital .

A central telefônica TROPICO R da Telebrás foi apresentada como exemplo de central com controle distribuído .

Por fim uma central digital com integração de voz e dados foi apresentada .

CAPÍTULO 3

PROPOSIÇÃO DE UMA CENTRAL
COM INTEGRAÇÃO DE VOZ
E DE DADOS

3.1 - Introdução

Neste capítulo é descrita a arquitetura proposta para a central de comutação de voz e de dados . A central de comutação proposta possui uma técnica híbrida entre comutação de circuito e comutação de pacotes . Os sinais de voz e de dados são formatados em pacotes simplificados , aos quais denominaremos de envelopes . Estes envelopes , na central , acessam de maneira aleatória a vários canais disponíveis dentro de um quadro cíclico [7] , [9] .

Desse modo , como os sinais de voz e de dados possuem cabeçalho de identificação e podem acessar a qualquer um dos canais de comutação tem-se uma semelhança com a comutação de pacotes . E como os canais de comutação , que ficam dentro de um quadro sincronizado , possuem posições fixas a semelhança é com comutação de circuito .

Descreve-se inicialmente em detalhes a técnica de comutação híbrida e em seguida é discutida a influência do tamanho do cabeçalho do envelope na composição do número de canais dentro de um quadro .

3.2 - Arquitetura proposta

A central de comutação proposta pode ser aplicada em centrais locais, em centrais privadas (PABX), ou ainda eventualmente ser utilizada como rede local de comunicação.

O esquema utilizado para interligação dos assinantes à central é a configuração estrela como mostrado na figura 3.1.

A central é formada por um multiplexador de assinante com configuração em anel, um comutador digital, um interfaceador para circuitos externos (troncos telefônicos, redes de comunicação de dados, etc.), e uma unidade de controle como mostrado na figura 3.2.

3.2.1 - O multiplexador

O multiplexador de assinantes possui uma configuração em anel como mostrado na figura 3.3. O acesso de assinantes ao anel é feito de modo estatístico. Os sinais digitais gerados dos assinantes são colocados na forma de envelope e no seu cabeçalho são colocadas as informações para a sua identificação. Se os sinais de assinantes são analógicos, a interface dos assinante deve possuir conversores A/D e D/A.

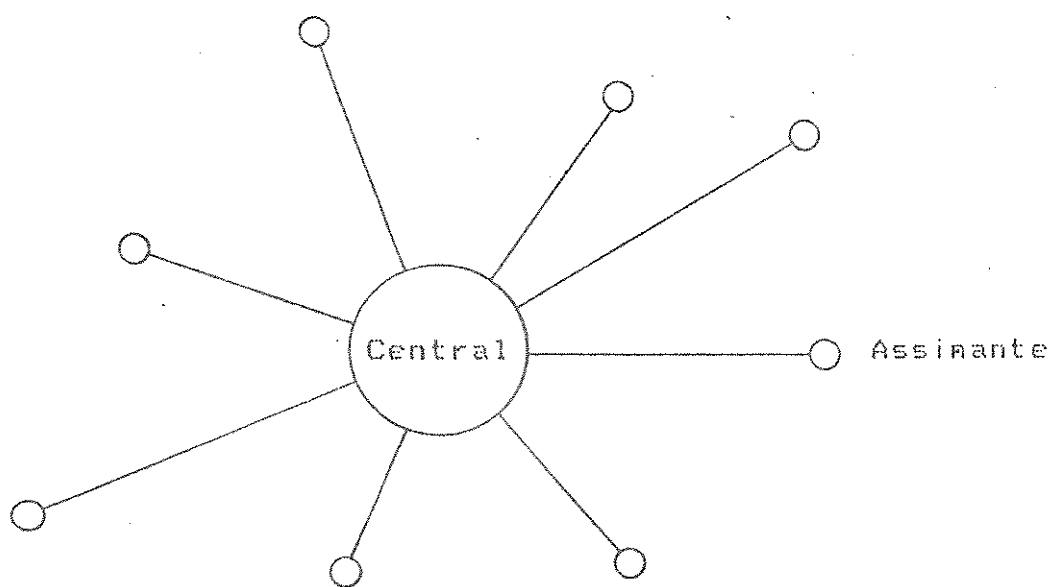


Figura 3.1 - Ligação em estrela dos assinantes .

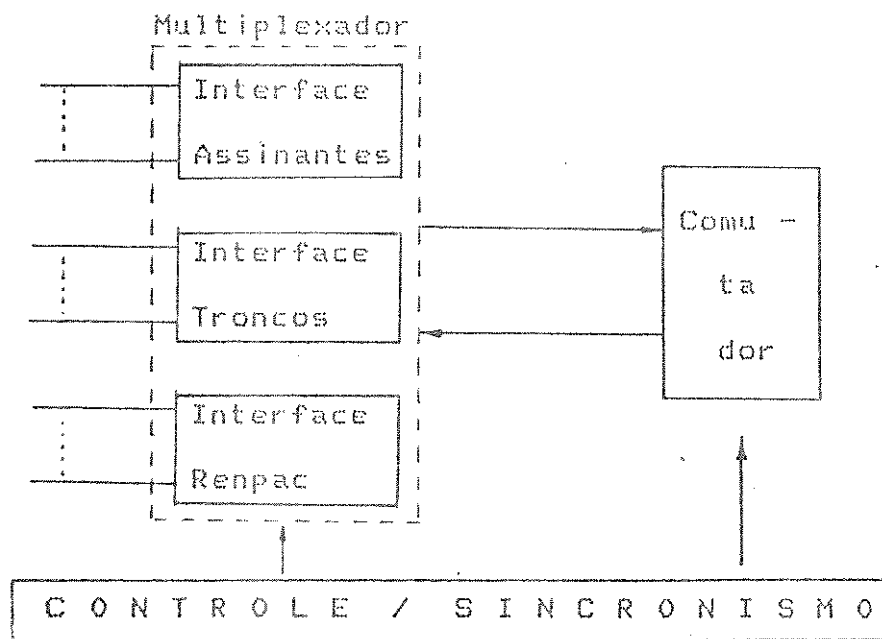


Figura 3.2 - Formação da central proposta .

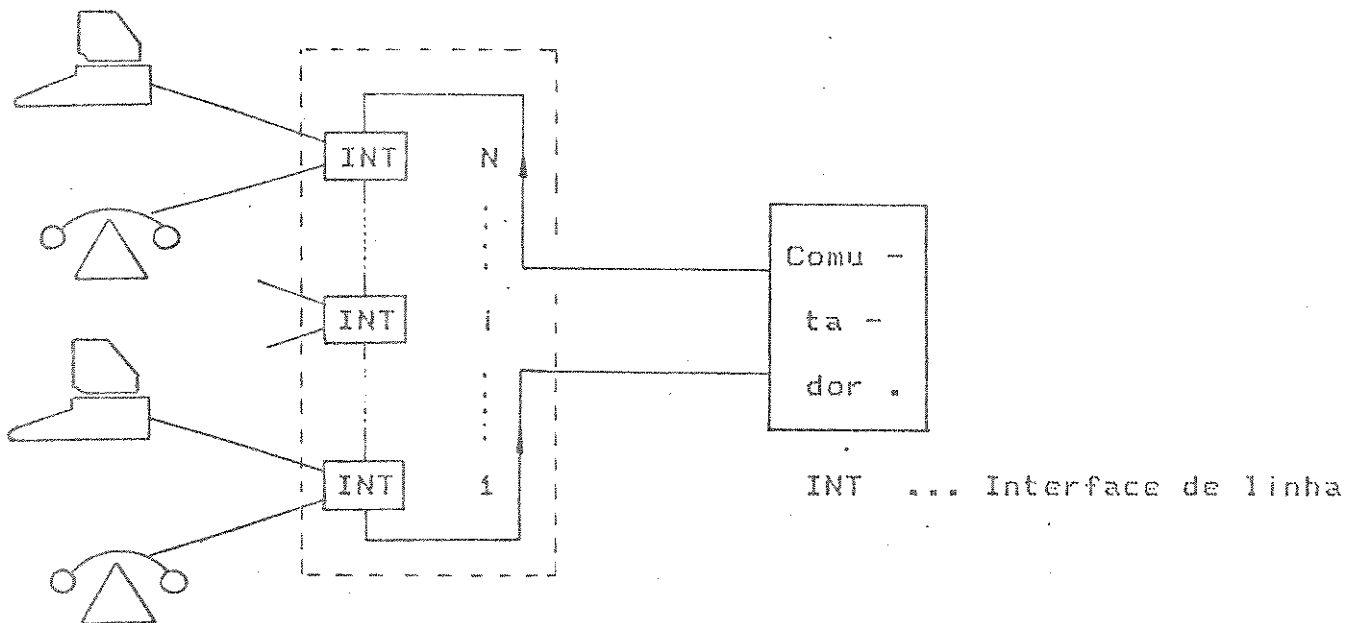


Figura 3.3 - Configuração em anel do multiplexador .

A estrutura de quadro que percorre o anel e o formato de envelope são mostrados na figura 3.4 .

Cada assinante ao desejar transmitir um envelope procura um campo de endereço vazio e ao encontra-lo imediatamente transmite seu endereço e o pacote de amostras de voz .

Para que isto seja possível em cada assinante do anel ocorre um atraso de Bc bits .

Na recepção de envelopes cada assinante está continuamente monitorando a linha e quando encontra seu endereço ele passa a receber os bits do pacote e "limpa" esta janela de tempo , tornando-a disponível para este assinante ou para os outros que estão à frente dele no anel.

Como exemplo de funcionamento da estratégia exposta acima vamos supor um anel com 15 assinantes e 5 janelas de tempo .

Na figura 3.5 (a) mostramos a estrutura básica de um quadro com 5 janelas temporais e na figura 3.5 (b) mostramos a estrutura de quadro no início do anel (saída do comutador) . Estão sendo enviado envelopes para os assinantes 2,3,8 e 15 . Na figura 3.5(c) mostra-se o mesmo quadro entre os assinantes 5 e 6 . Observamos que o assinante 2 recebeu e transmitiu um pacote , o 3 apenas

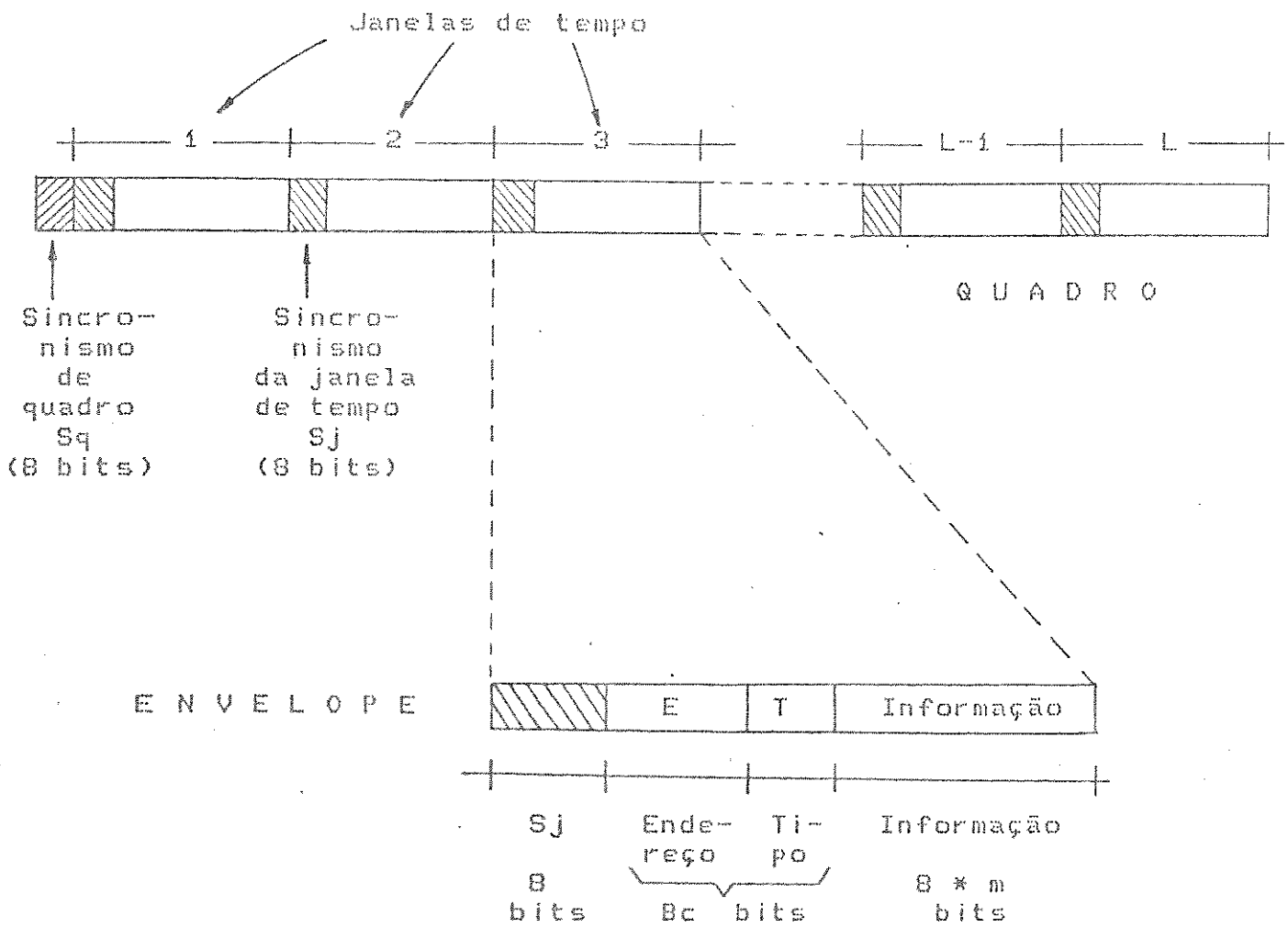
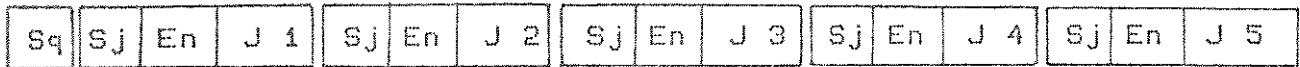
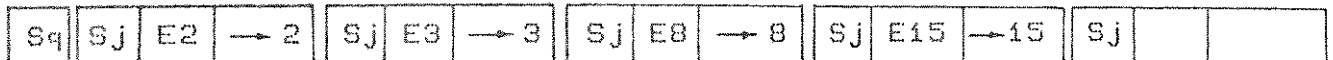


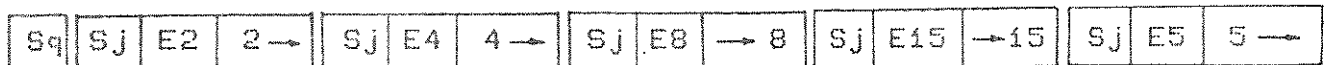
Figura 3.4 - Organização do quadro .



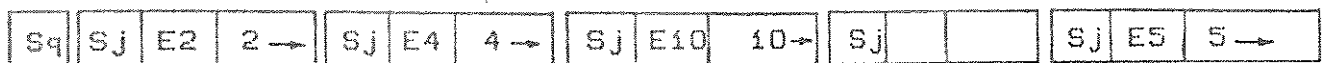
(a) - Quadro com 5 janelas temporais



(b) - Quadro no início do anel .



(c) - Quadro entre os assinantes 5 e 6 .



(d) - Quadro no fim do anel

Figura 3.5 - Princípio de operação do quadro

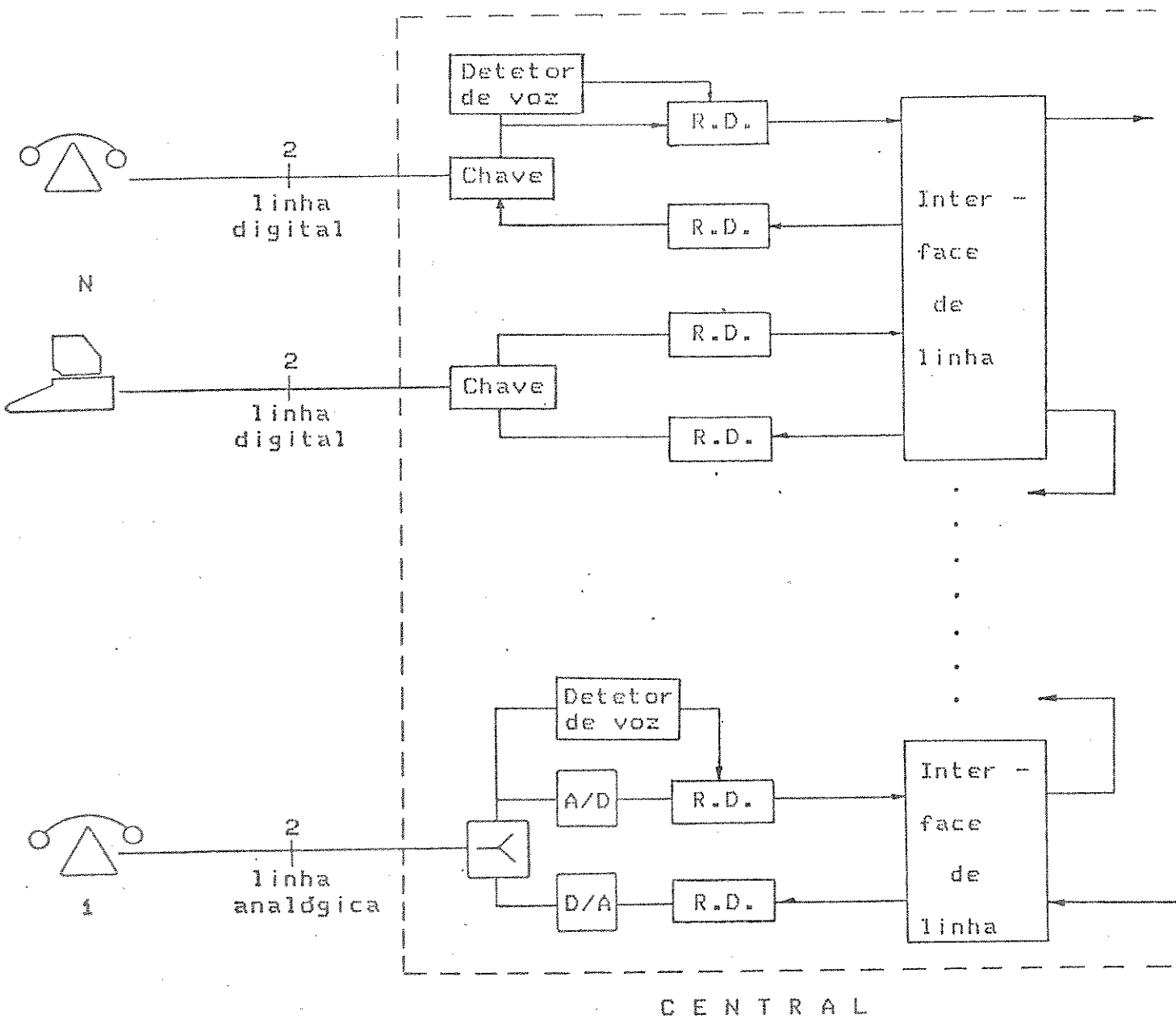
recebeu e o 4 apenas transmitiu .

A figura 3.5(d) mostra a situação do quadro na entrada do comutador . Podemos observar pela figura 3.5(c) que o quadro naquele instante possui todas as janelas temporais ocupadas . Se os assinantes 6 ou 7 desejarem transmitir não encontrarão janelas temporais disponíveis . A estratégia adotada para esses casos é descartar os envelopes de voz e os envelopes de dados são armazenados em um buffer , formando uma fila , até que fique disponível um canal vazio. Os estudos da probabilidade de descarte dos envelopes de voz , assim como a estimativa do atraso médio sofrido pelos envelopes de dados são feitos no capítulo IV .

A figura 3.6 mostra o esquema da interface de assinante para dois casos :

- a) Assinante telefonico digital e
- b) Assinante telefonico analógico .

Os sinais do telefone digital ao chegarem na central encontram uma chave digital que separa os sinais de transmissão dos de recepção . Os bits recebidos são aplicados ao detetor digital de voz e ao registrador de deslocamento . Quando o detetor identifica a presença de sinais na sua entrada ele imediatamente autoriza o registrador de deslocamento a formação de um novo envelope .



R.D. = Registrador de deslocamento

Figura 3.6 - Multiplexador de assinante .

O envelope a ser transmitido é aplicado a interface de linha , a qual está detalhada na figura 3.7 . Pode-se observar que o envelope é aplicado primeiramente ao Priorizador de Transmissão de envelopes que concede prioridade aos envelopes de voz .

Para que o envelope possa ser transmitido uma das condições abaixo deve ocorrer :

- 1 - Uma janela de tempo vazia chegou no anel e foi identificada pelo Detetor de Janela Vazia .
- 2 - Um envelope para a estação vai ser recebido . Neste caso o Comparador de Endereço compara o endereço vindo do anel com o endereço do Gerador de Endereço Local , fornecendo nível lógico "1" se eles forem coincidentes .

Qualquer das condições acima levam a via ATE (Autorização para Transmissão de Envelope) ao nível lógico "1" , completando as condições para transmissão do envelope .

No caso do telefone analógico a separação do sinal em transmissão e recepção é feita pela híbrida passiva e o sinal a ser transmitido é aplicado ao Detetor de Voz e ao Conversor A/D . Quando o detetor identifica a presença de sinais na linha ele autoriza o registrador de deslocamento a

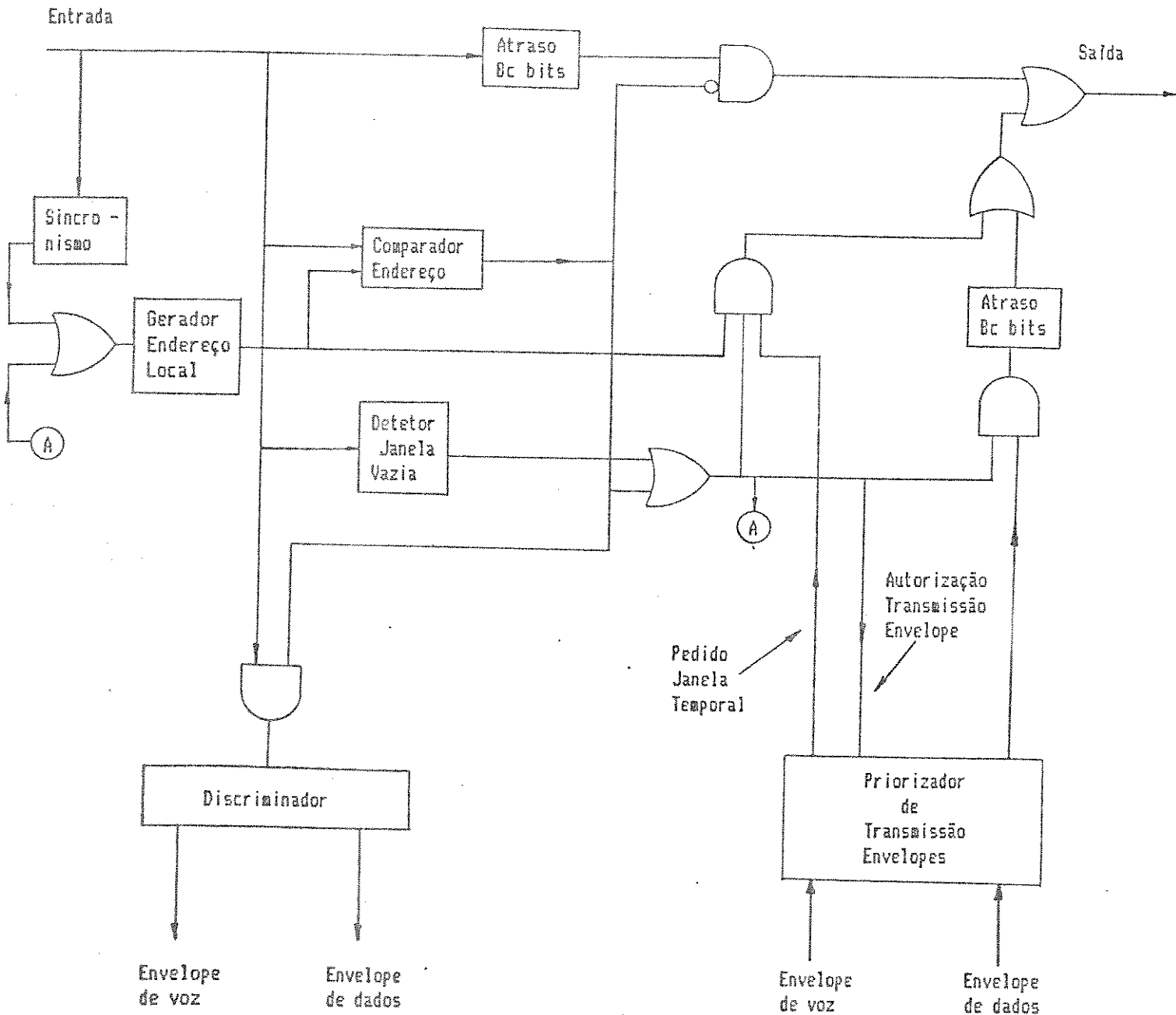


Figura 3.7 - Interface de linha

formação de um novo envelope .

Os assinantes de dados são sempre associados a um assinante telefônico , e tem menor prioridade de acesso aos canais do que os assinantes telefônicos . Desse modo pode-se exercer maior controle dos sinais de dados , para não penalizar em demasia os assinantes telefônicos , que tendem a ser em quantidade maior .

3.2.2 - O comutador

Na comutação de envelopes cada envelope traz o endereço de sua origem . Através deste endereço de origem a Memória de Tradução de Endereço (MTE) fornece a posição que o envelope deverá ser armazenado na Memória de Comutação (figura 3.8) . Essa posição na MC é alocada na fase de sinalização da chamada . A troca de informações de sinalização entre o assinante e o comutador é feita através de envelopes de sinalização . A figura 3.9 mostra a memória de comutação .

A Memória de Comutação é segmentada , sendo que cada segmento é dividido em uma parte para o envelope e outra para o endereço de destino deste envelope . Este endereço de destino é colocado no início da ligação pelo controle da central e permanece o mesmo até o fim da referida comunicação .

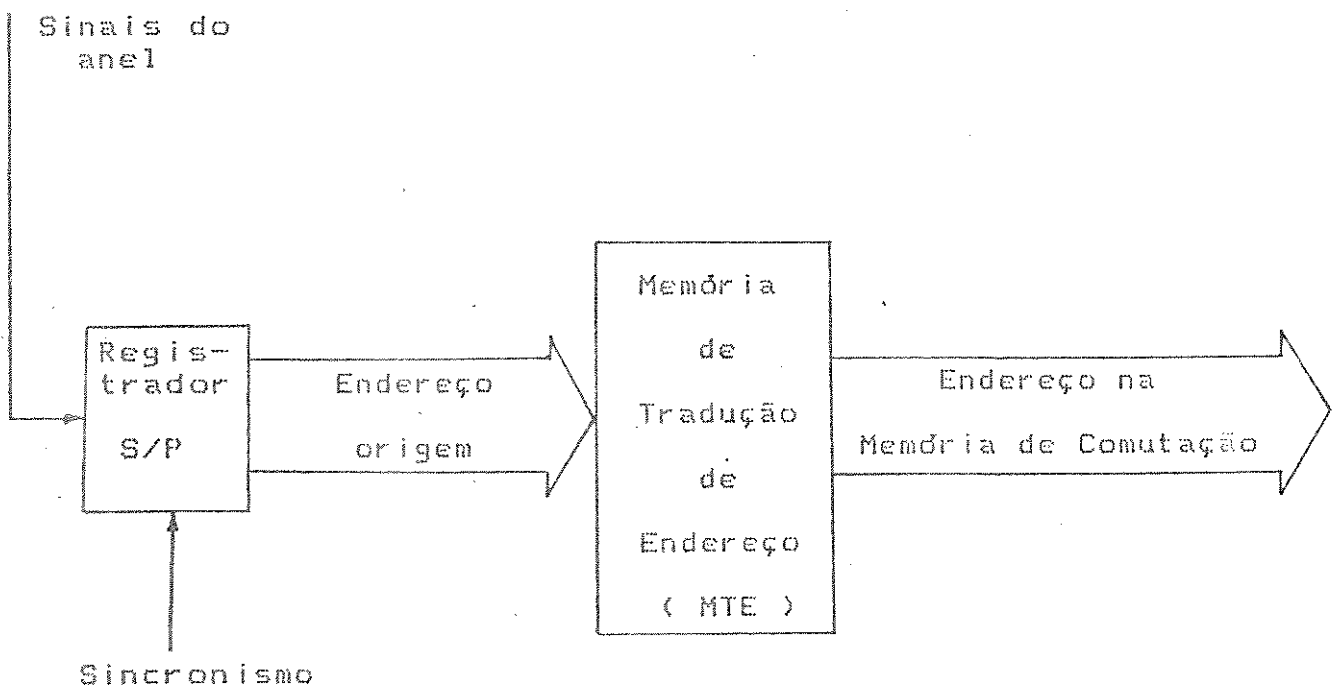


Figura 3.8 - Memória de tradução de endereço .

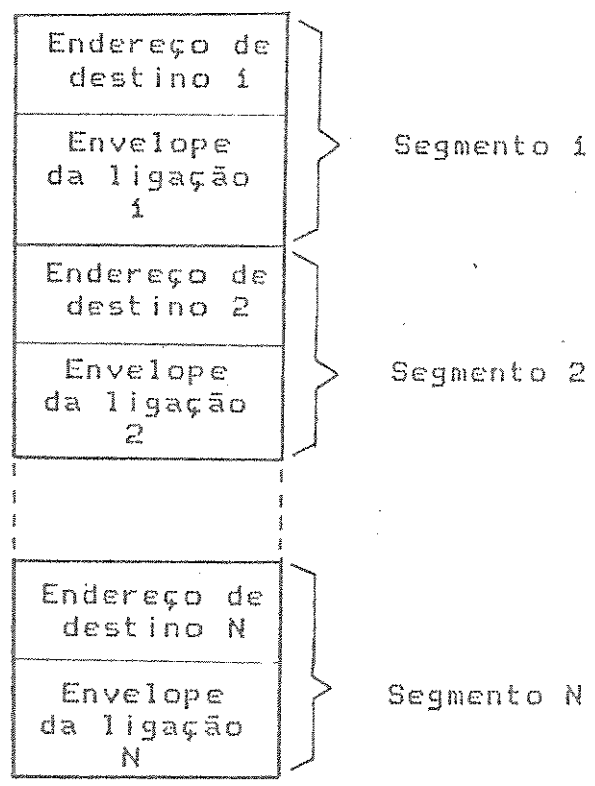


Figura 3.9 - Memória de comutação (MC) .

Para que o bloqueio por falta de segmento na MC seja 0 (zero) devemos ter $2*N$ segmentos, considerando N o número de assinantes integrados conectados no anel. Pode-se, entretanto permitir uma certa probabilidade de bloqueio no estabelecimento de chamadas e adotar menor quantidade de segmentos na MC.

Durante a recepção de um quadro do anel devem chegar um máximo de L envelopes no comutador. Este valor L , é menor que N , pois pode ser que para algumas ligações ativas, não foram transmitidos envelopes neste quadro.

Para que haja uma correta leitura dos envelopes da memória de comutação, faz-se necessário a utilização de uma Memória de Controle de Leitura (MCL). Esta MCL tem o número de posições igual ao número de segmentos da Memória de Comutação e em cada posição apenas um bit. Ao chegar um envelope para a posição i , é colocado na posição i da MCL o bit "1".

Na leitura de envelopes é necessário analisar o bit da MCL, garantindo assim que apenas os envelopes novos sejam lidos.

Como os quadros são cíclicos o comutador deve ser capaz de receber e enviar envelopes ao mesmo tempo. A solução planejada para este problema é a duplicação do

conjunto MC / MCL . Enquanto um conjunto recebe os envelopes a comutar o outro fornece os envelopes já comutados .

Na figura 3.10 apresentamos a configuração básica da comutação de envelopes que inclui a memória de tradução de endereço , memória de controle , memória de comutação , incrementadores de endereço para escrita e leitura . Os incrementadores são necessários porque cada envelope ocupa m posições da memória de comutação e tanto a memória de tradução de endereço como o contador fornecem apenas o endereço do início do envelope .

O discriminador é necessário para separar os envelopes de sinalização para serem entregues ao controle da central . Na resposta o controle envia outros envelopes de sinalização que são inseridos no anel através da chave lógica .

A chave lógica permite a transmissão dos envelopes de sinalização quando existe janela vazia no anel . Caso não haja , o envelope é mantido armazenado aguardando janela temporal vazia .

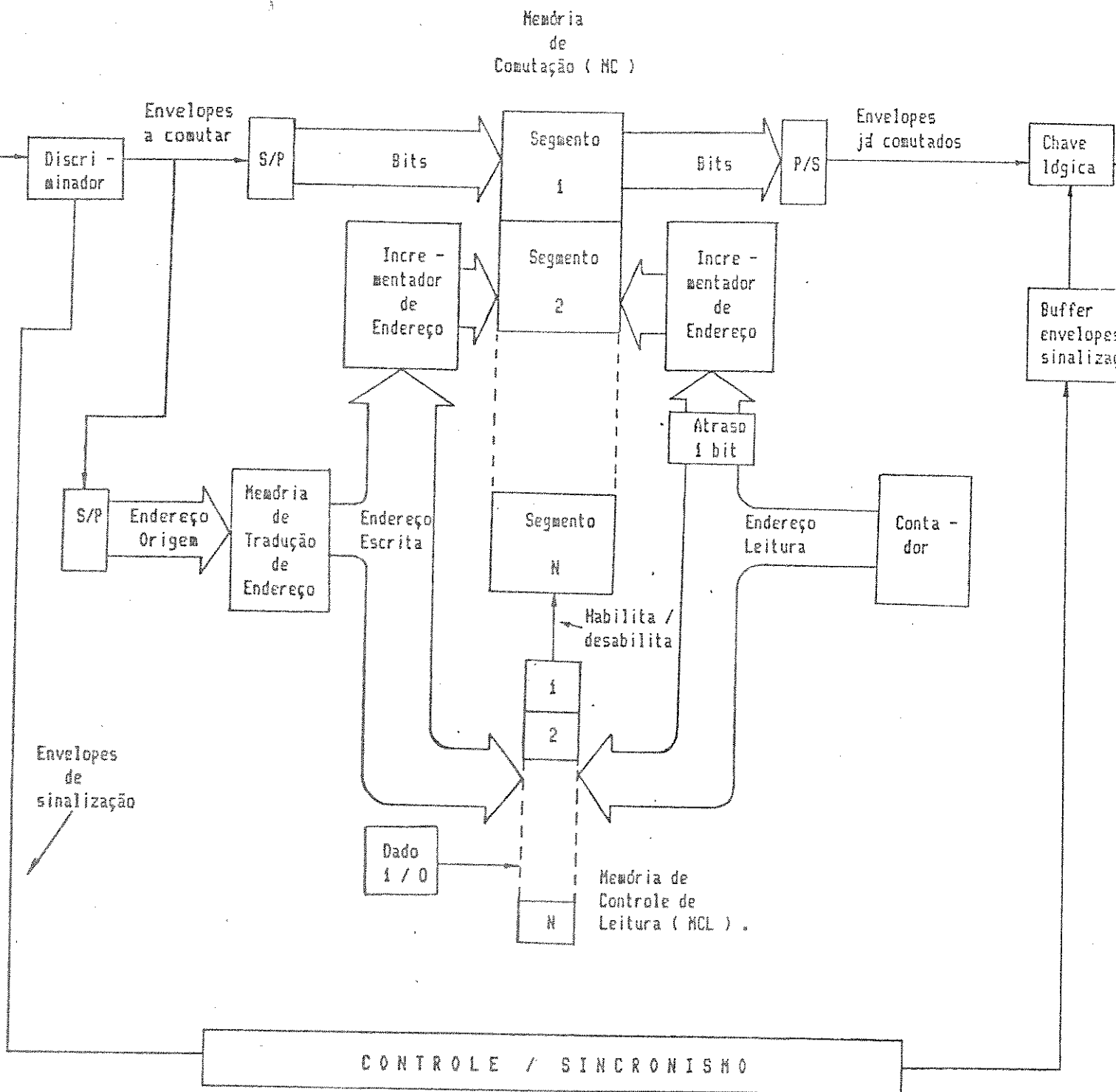


Figura 3.10 - Arquitetura básica da central de comutação de envelopes .

3.2.3 - Interface externa

a - Entroncamento com outras centrais telefônicas .

A interligação com outras centrais distantes se faz através de troncos interligados diretamente ao anel de forma idêntica a dos demais assinantes (figura 3 .11) . Estes troncos possuem uma taxa de utilização bem superior à dos assinantes comuns , contribuindo bastante para redução do número máximo de assinantes no anel . Sendo os troncos analógicos a interface interna será semelhante a interface de assinante analógico , incluindo as sinalizações apropriadas . No caso de entroncamento digital com enlaces PCM a interface se dividirá internamente em um número igual ao número de canais do enlace PCM . Cada uma destas divisões disputaram o acesso ao anel como um assinante comum .

b - Entroncamento com a Rede Nacional de Pacotes - RENPAC .

Da mesma forma que conectamos as centrais telefônicas distantes a interligação com a RENPAC se dará por troncos específicos também inseridos no anel de assinantes .

Neste caso o terminal de dados local que se

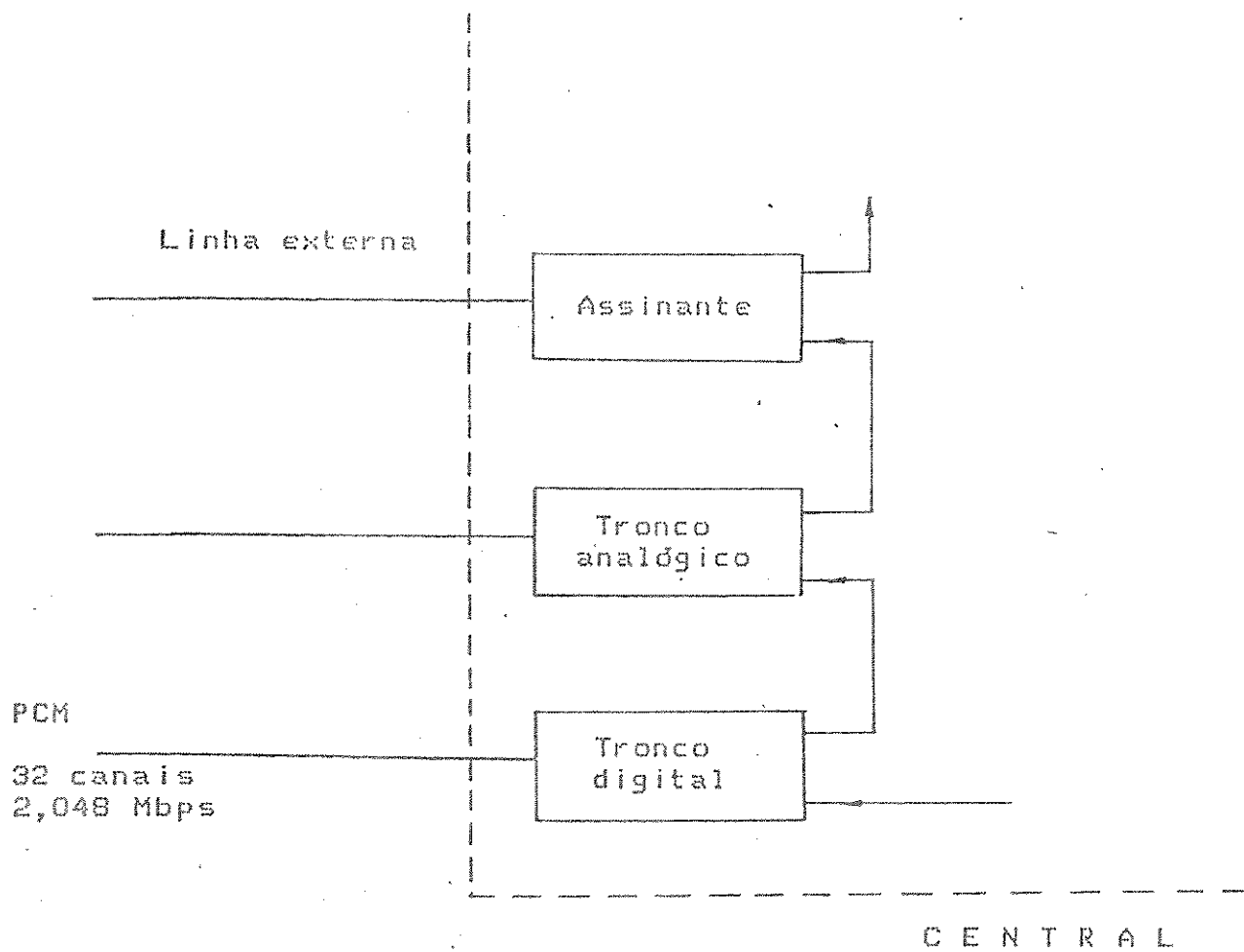


Figura 3.11 - Interligação de troncos no anel .

comunicará com a RENPAC deverá estar preparado para o protocolo da referida rede .

3.2.4 - Funções de Controle e Sincronismo

O sincronismo é necessário para estabelecer o funcionamento síncrono aos elementos da central .

O controle estabelece o início e fim de chamadas , recebendo e enviando envelopes de sinalização para os assinantes de voz e de dados .

Qualquer assinante que deseje uma comunicação com o controle envia um pacote de sinalização que será separado pelo discriminador na entrada do comutador e entregue ao controle (Figura 3.10) . Recebendo solicitação de uma nova chamada o controle verifica a disponibilidade do assinante chamado , e se possível estabelece um segmento na MC para envelopes do chamador para o chamado e outro para envelopes do chamado para o chamador . Em ambos os segmentos é escrito o endereço de destino que deverá permanecer o mesmo até o fim da ligação . E também atualizada a MTE com o endereço de início dos segmentos escolhidos . As posições a serem atualizadas são as correspondentes aos números do assinante chamado e do chamador .

As transmissões do controle para os assinantes é feito introduzindo o envelope de sinalização diretamente na saída do comutador , aguardando sempre uma janela temporal vazia. Desta forma o controle estabelece e encerra ligações , podendo efetuar tarifação e estatísticas de tráfego .

O controle atua também estabelecendo a alternância das MC / MCL , viabilizando o processo de escrita/leitura simultânea .

3.3 - Influências do cabeçalho do envelope e do número de amostras na capacidade do quadro .

Será investigada nesta seção a influência do cabeçalho de envelope e do número de amostras do sinal de voz no número de canais do quadro .

A nomenclatura utilizada é :

- N ... número de assinantes ligados ao anel .
- L ... número de janelas temporais no quadro .
- m ... número de amostras de voz por envelope .
- fa .. frequência de amostragem (8 KHz) .
- fb .. taxa de transmissão do anel (bits/seg.) .
- Bc .. tamanho do cabeçalho do envelope (bits) .

A taxa de geração de envelopes para um dado assinante ativo é no máximo fa/m pacotes por segundo . Supondo que cada assinante pode usar apenas uma janela temporal por quadro , a taxa de quadros deve ser maior que fa/m .

O número de bits por quadro é dado por

$$\text{bits / quadro} \leq fb / (fa/m) = m . fb / fa$$

Como pode ser observado pela figura 3.4 o número de bits por quadro é $B + L*(B + Bc + 8*m)$

Temos então :

$$L \leq \frac{m * fb/fa - 8}{8 + Bc + 8 * m}$$

Se a frequência de amostragem f_a for 8 KHz , o número máximo que L pode assumir dependerá de fb , m e Bc .

Na figura 3.12 plotamos os valores máximos de L para $fb=2,048$ Mbps e $fb=4,096$ Mbps em função do número de amostras por envelope .

Da figura 3.12 podemos observar para $fb=2.048$ Kbps que a influência do cabeçalho (bits de sincronismo e de endereço) , a partir de um determinado número de amostras ($m = 20$) , prejudica pouco a capacidade do quadro . Isto porque a percentagem de "overhead" do quadro é pequena . Para $m = 20$, $L = 30$ e $Bc = 8$, temos :

$$\text{Overhead} = \frac{S_q + L * (S_j + Bc)}{L * m * 8} = \frac{8 + 30 * (8 + 8)}{30 * 20 * 8} = 0,10$$

Isto é , o "overhead" é de 10 %

L (Janelas temporais
por quadro)

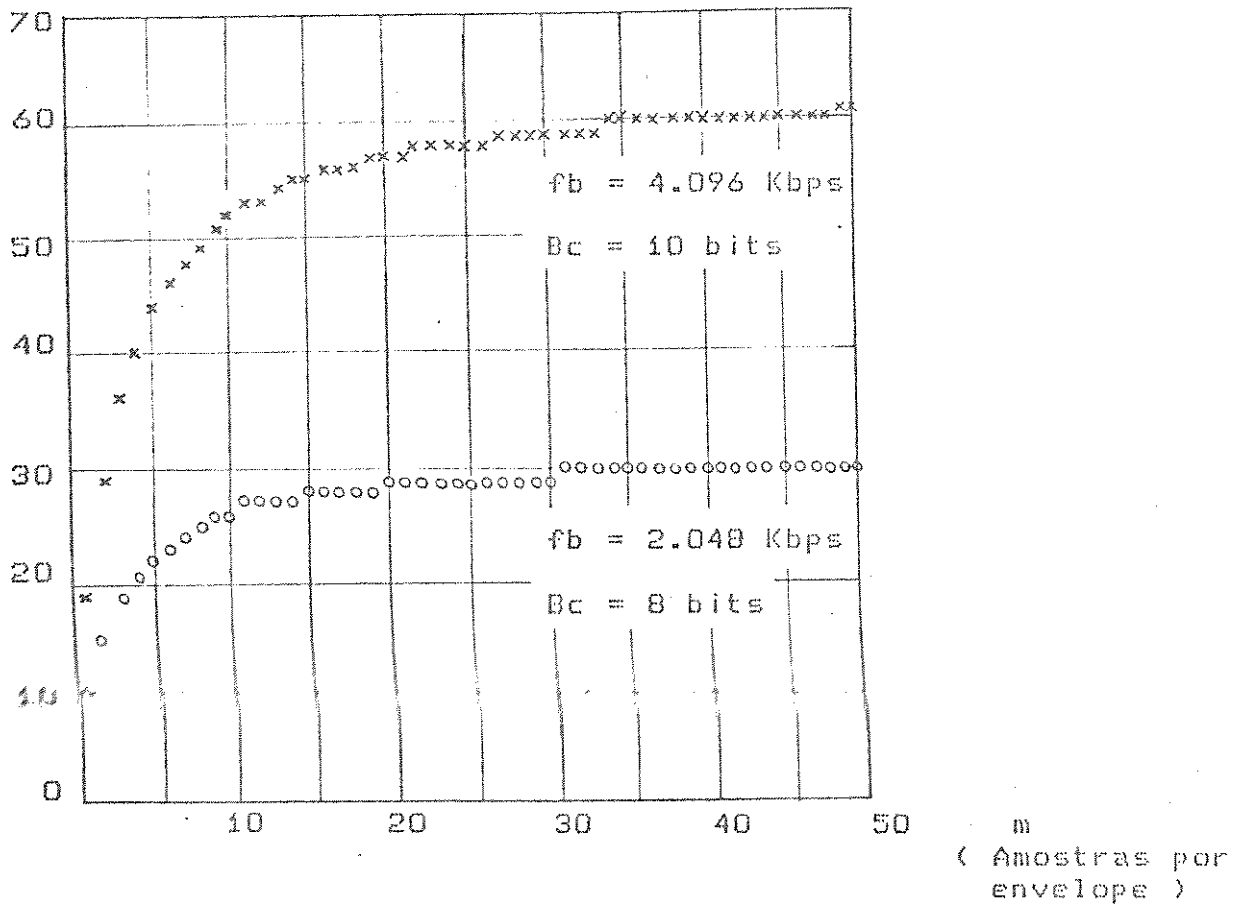


Figura 3.12 - Número máximo de janelas em função do número de amostras por envelope m .

Para $m = 5$, $L = 22$ e $Bc = 8$ temos :

$$\text{Overhead} = \frac{8 + 22 * (8 + 8)}{22 * 5 * 8} = 0,41$$

Isto é , o "overhead" é de 41 % , significando um valor muito grande . Portanto , no projeto de sistema de comutação híbrida , deve-se trabalhar com valor de m na região perto de valores constantes .

3.4 - Conclusão

A arquitetura proposta possibilita integração de sinais de voz e dados utilizando configuração estrela dos assinantes para a central e em anel internamente . O acesso dos envelopes a este anel é estatístico . Os envelopes de voz que não encontram janelas vazias no quadro são descartados e os de dados permanecem armazenados no buffer à espera de janela temporal vazia nos próximos quadros .

O comutador pode ser planejado sem bloqueio com um segmento por assinante na MC (Memória de Comutação) . Além disso a MC é duplicada para possibilitar escrita e leitura simultânea dos envelopes .

Foram descritas as funções básicas do controle , como por exemplo , o estabelecimento de novas chamadas .

Ao final foi feito um estudo para permitir uma escolha adequada do número de amostras m a ser utilizado em cada envelope .

No próximo capítulo faremos uma análise do desempenho do multiplexador inicialmente para sinais de voz e depois para sinais de voz e dados .

CAPÍTULO 4

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

4.1 - Introdução

Como foi visto no capítulo 3 a central proposta pode ser construída sem bloqueio, projetando-se $2*N$ segmentos na memória de comutação. Entretanto, o acesso de um envelope ao multiplexador com estrutura em anel, nem sempre ocorre com sucesso.

No caso de sinais de voz um envelope que não encontra uma janela temporal vazia é descartado. Se a probabilidade desses descartes for pequena não prejudicará a inteligibilidade da voz. Para o envelope de dados a falta de janela temporal no quadro acarretará a espera em uma fila até encontrar uma janela temporal vazia.

Neste capítulo é inicialmente discutida a probabilidade de descarte considerando somente envelopes de voz. Para a análise é utilizado o modelo analítico e em seguida comparada com o modelo simulado. A seguir, é feita uma análise, através da simulação considerando que tanto envelopes de voz como de dados, acessam o multiplexador. Neste caso é estudado a percentagem de descarte dos envelopes de voz e o tempo médio de espera dos envelopes de dados.

4.2 - Multiplexador com apenas assinantes telefônicos .

Estamos interessados em avaliar a probabilidade de descarte dos envelopes de voz pela falta de janelas temporais em um quadro . Iremos primeiramente desenvolver uma análise matemática e depois análise por simulação . Ao final é feita uma comparação entre os resultados obtidos .

4.2.1 - Análise matemática

Sejam λ_v a taxa de ocorrência de chamadas e β a probabilidade de um assinante estar falando ou ouvindo . Então a probabilidade de um assinante estar transmitindo ou recebendo envelopes de voz é dada por $p = \lambda_v * \beta$. Isto é , p é também a probabilidade de ocupação das janelas temporais .

A probabilidade de descarte total P_d pode ser avaliada supondo que um assinante que deseja transmitir , concorrerá com os $N-1$ assinantes restantes por L janelas temporais . Se a quantidade dos que desejam transmitir ou receber for maior ou igual a L ocorrerá descarte . Esta probabilidade é uma distribuição binomial .

Desse modo , a probabilidade total de descarte é :

$$P_d = \sum_{i=L}^{N-1} \binom{N-1}{i} \cdot p^i \cdot (1-p)^{N-1-i}$$

Considerando as probabilidades p e P_d fixas podemos levantar a dependencia entre o número de assinantes N e o número de janelas temporais L , utilizando o método de Newton .

A figura 4.1 mostra a curva de número de assinantes versus número de janelas temporais para $p = 0,05$

e $P_d = 10^{-3}$, 10^{-5} , 10^{-7} .

Com os auxilios das figuras 4.1 e figura 3.12 podemos estimar o número de assinantes no multiplexador em anel obedecendo a uma certa taxa de descarte e a uma certa percentagem de "overhead" do cabeçalho .

Exemplo :

Suposições :

$f_b = 2.048 \text{ Mhz}$

$P_d = 10^{-7}$

$p = 0,05$

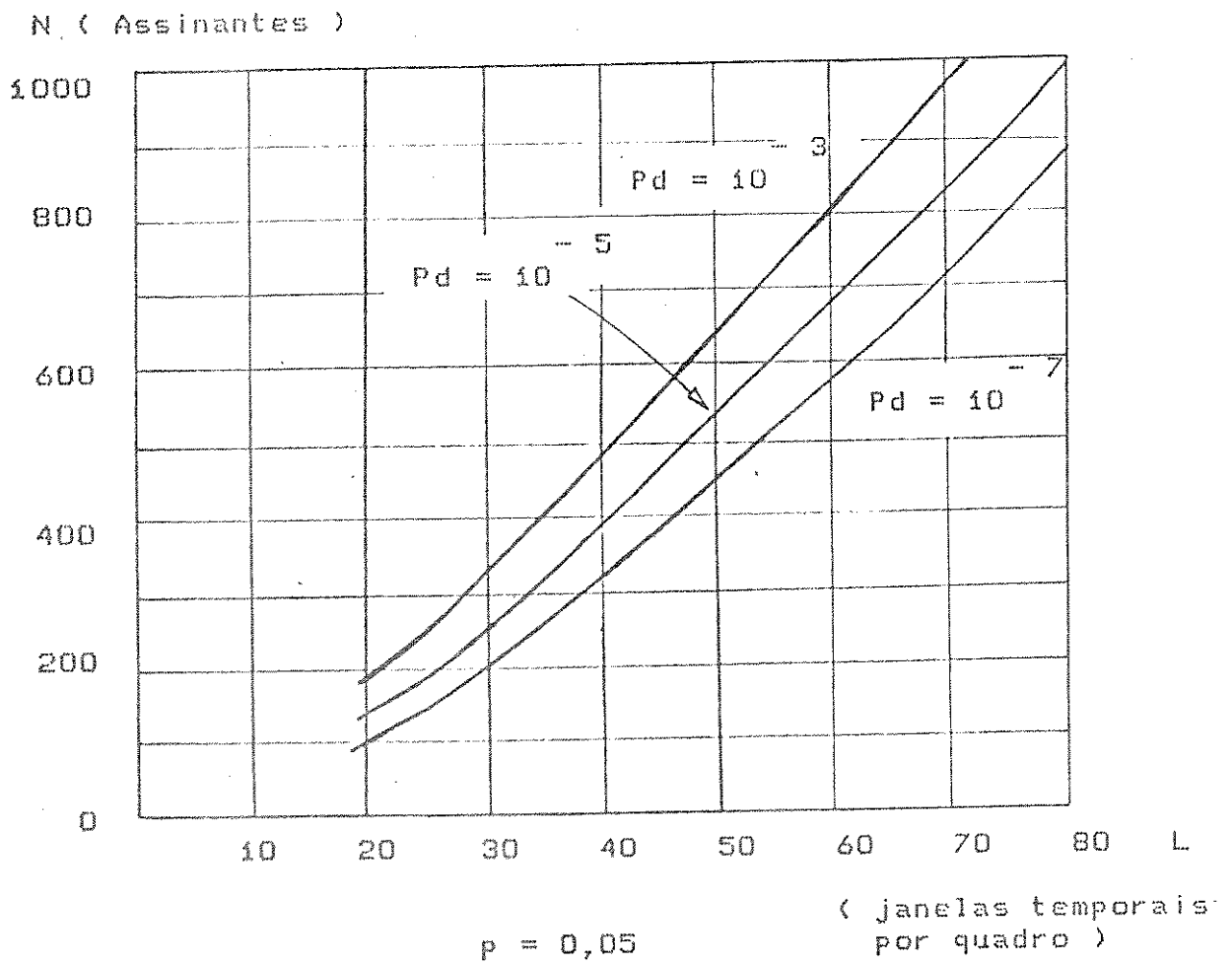


Figura 4.1 - Número máximo de assinantes N em função do número de janelas temporais L , da taxa de atividade p e da probabilidade de descarte P_d .

Para que a percentagem de overhead de cabeçalho seja baixo e além disso não aumentar excessivamente o tamanho do envelope , podemos escolher da figura 3.12 $m = 20$ e portanto $L = 29$. Com $L = 29$, $P_d = 10E-7$ e recorrendo à figura 4.1 encontramos $N = 200$ assinantes .

4.2.2 - Análise por simulação

Para um entendimento melhor do sistema de comutação de envelopes com relação ao problema de descarte dos envelopes de voz foi feita uma simulação do sistema proposto , em um computador .

No sistema de comutação de envelopes , cada um dos N assinantes quando desejam transmitir , em cada quadro , concorrem para ocupar L janelas de tempo .

Para verificar as condições em que ocorre descarte de envelope de um assinante genérico i que deseja transmitir , é necessário verificar os assinantes que já estão transmitindo anteriormente no anel e os que estão ouvindo posteriormente . Se a soma destes assinantes for igual a L ocorrerá um descarte de pacote de voz . Em se tratando de simulação é possível se saber previamente o número de assinantes que estão falando antes do assinante i e os que estão ouvindo depois porque o quadro é montado antes de se

verificar o descarte . Na situação prática quando um assinante tem um pacote a ser transmitido ele aguarda uma janela de tempo vazia , ocorrendo o descarte do pacote somente após a última janela de tempo do quadro atual . As duas situações são equivalentes .

Na simulação , é considerado que cada assinante ativo pode assumir os estados falando , ouvindo ou em silêncio , como mostrado na figura 4.2 .

Em cada quadro simulado podemos verificar , para um determinado assinante que deseja transmitir , a soma dos que estão falando antes dele e dos que estão ouvindo depois dele . Um descarte ocorrerá sempre que esta soma for maior ou igual à quantidade de janelas temporais disponíveis .

Desse modo , examinando uma quantidade grande de quadros podemos calcular a percentagem média de descarte .

O diagrama de blocos do programa de simulação é mostrado na figura 4.3 .

As chamadas telefônicas são modeladas obedecendo uma distribuição poissoniana .

Para iniciarmos a simulação já em condições de equilíbrio estatístico , podemos calcular o valor médio de assinantes ativos no sistema .

Esse valor médio é

$$\bar{N} = \alpha_v \cdot N$$

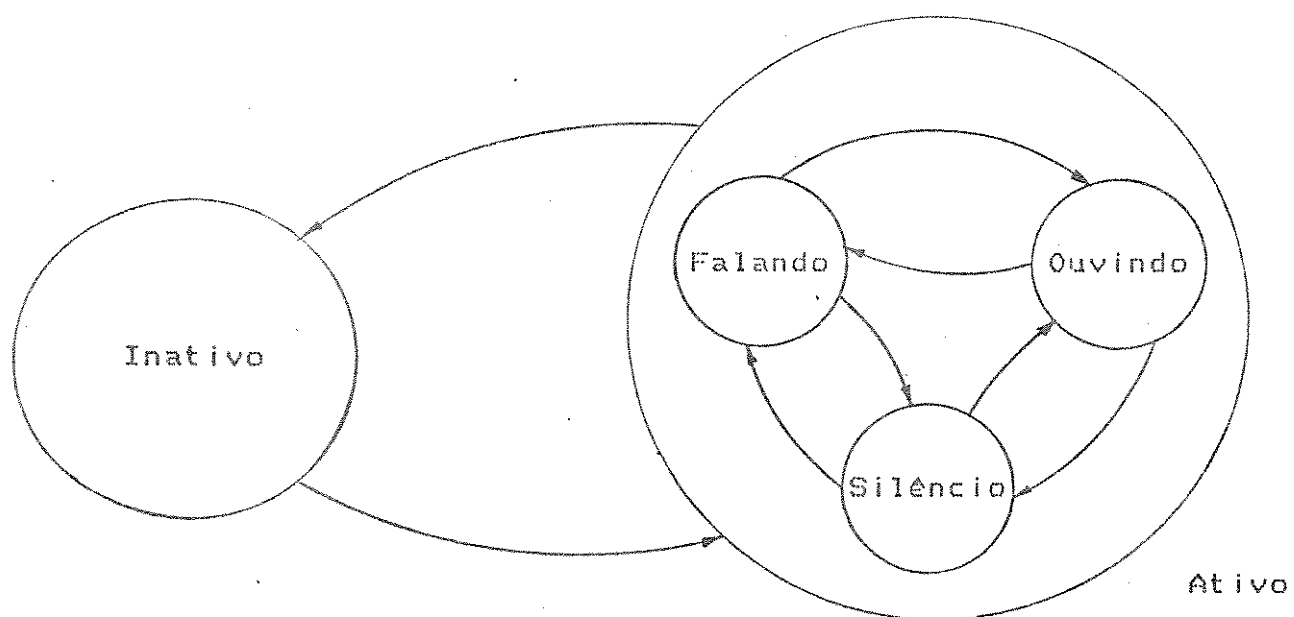


Figura 4.2 - Estados possíveis para os assinantes de voz

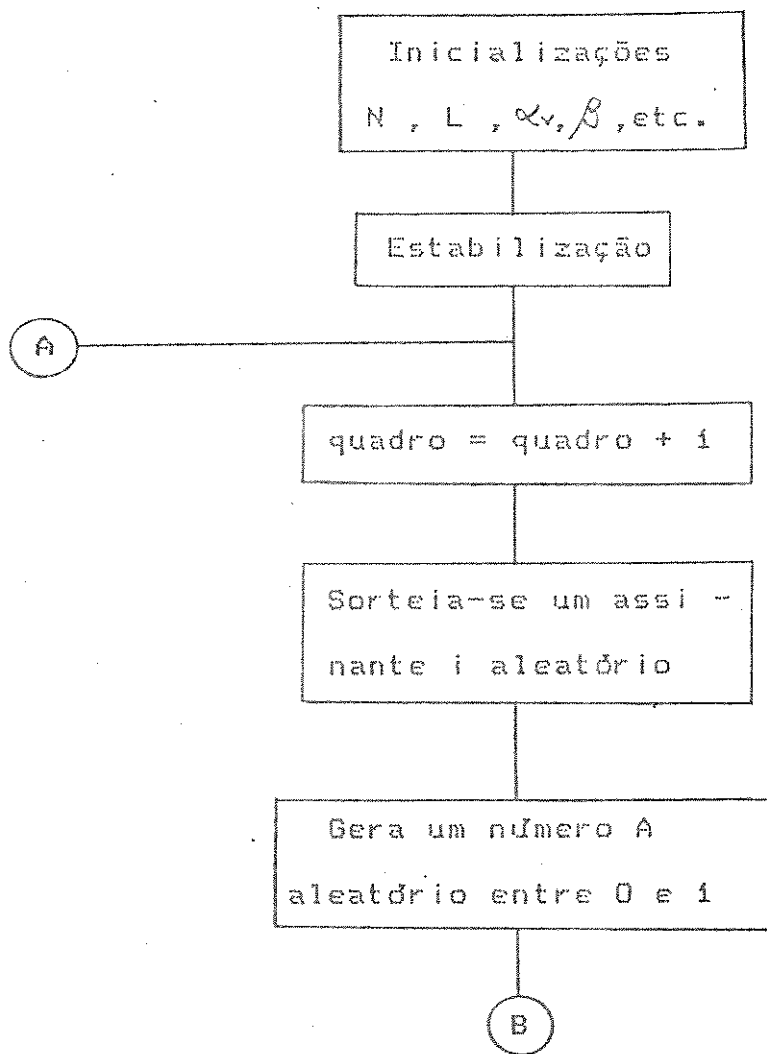


Figura 4.3 - Fluxograma do programa de simulação para sinais de voz .

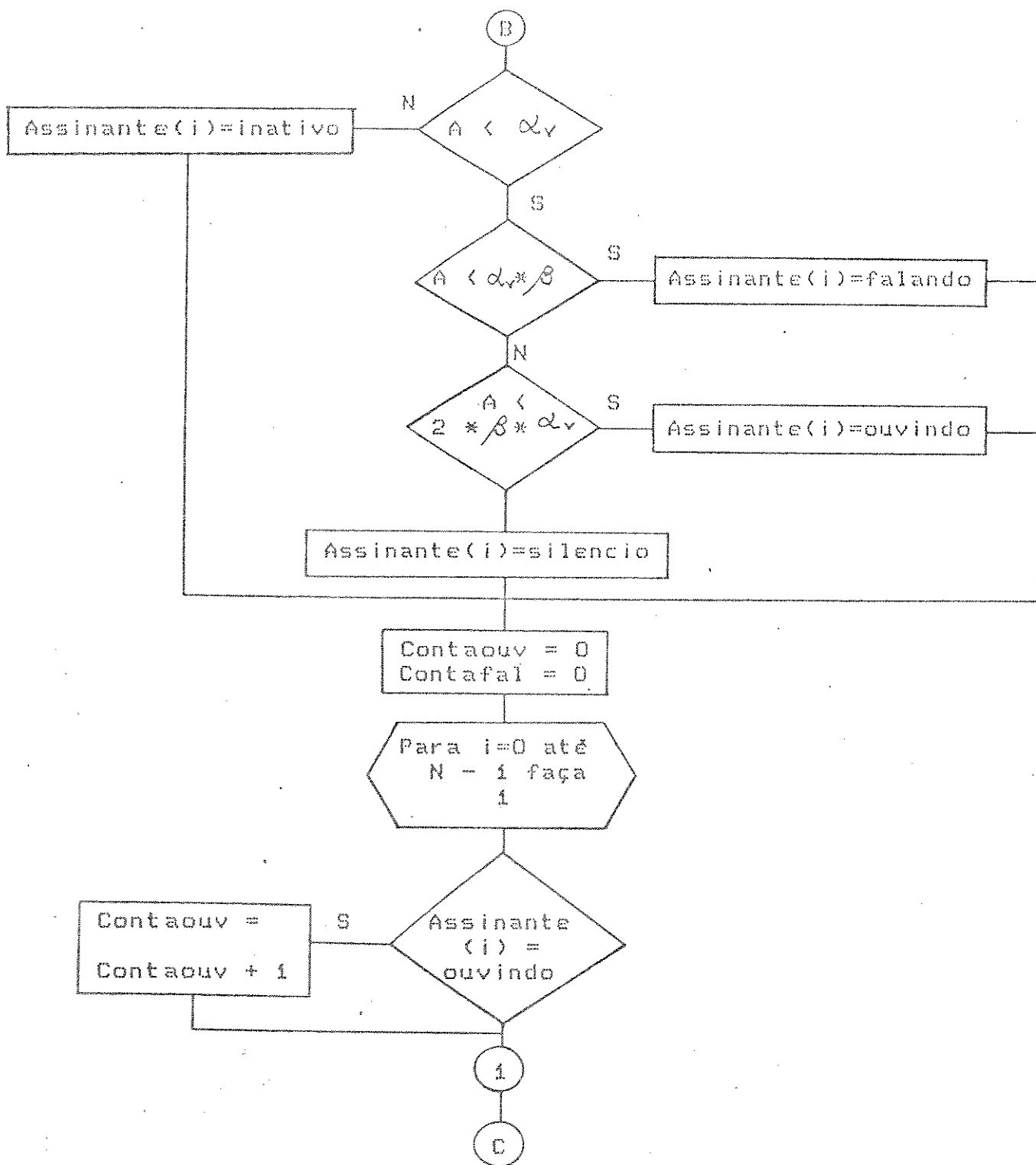


Figura 4.3 - Continuação 1

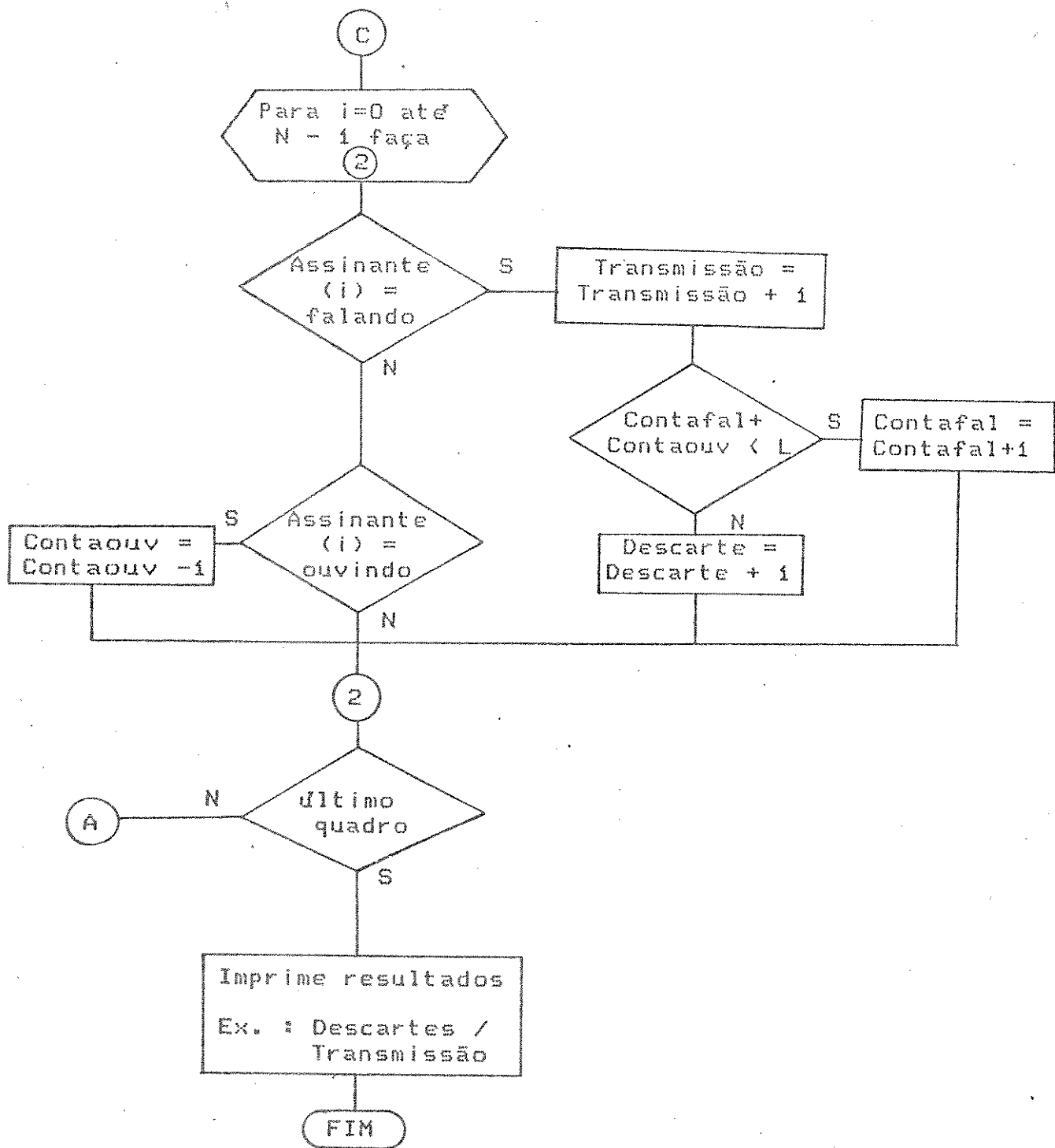


Figura 4.3 - Continuação 2

pela suposição de independência das ocorrências de chamadas. Desse modo o bloco "Estabilização" da figura 4.3 tem a função de calcular o número médio de assinantes ativos \bar{N} e atribuir a cada um dos \bar{N} assinantes escolhidos aleatoriamente, os estados ativos falando, ouvindo ou em silêncio.

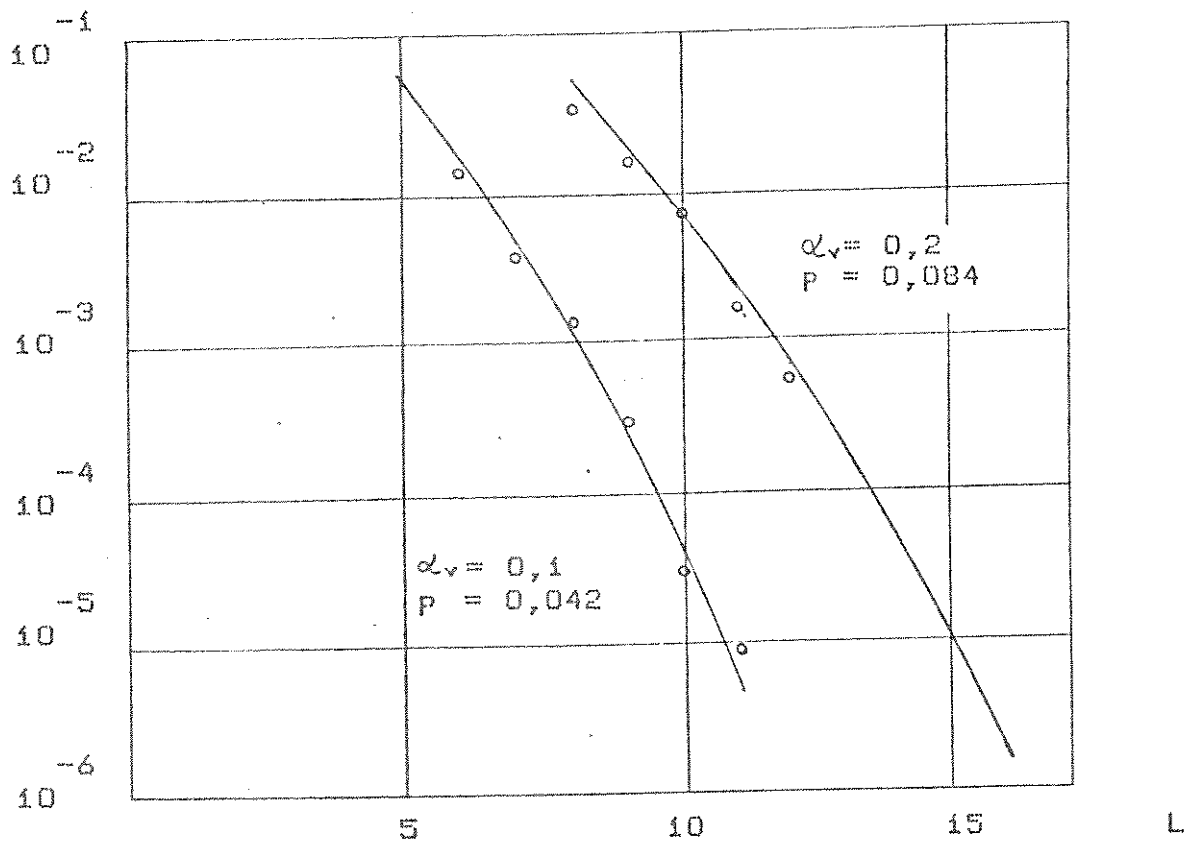
A cada quadro gerado é atribuída a condição de ativo/inativo de um assinante escolhido aleatoriamente. É feito um sorteio, para indicar se aquele assinante está inativo, ativo falando, ativo ouvindo ou ativo silêncio.

Os valores típicos de β são $0,35 \leq \beta \leq 0,45$ [8]. Neste trabalho consideraremos $\beta = 0,42$. É considerado que a probabilidade de um assinante ativo estar ouvindo é a mesma de estar falando. Portanto, a probabilidade de estar em silêncio é $1 - 2 * \beta = 0,16$.

Comparamos então o resultado teórico da seção 4.2.1 com os obtidos através do programa de simulação. Estas comparações são mostradas nas figuras 4.4 e 4.5 para $N = 50$ e 100 , respectivamente. O resultado da simulação apresenta valores próximos aos valores teóricos, mostrando que o modelo teórico é um bom modelo para o projeto de sistema de comutação de envelopes, evitando a execução de simulação.

A simulação, entretanto, mostrou que quando há

Probabilidade
de descarte



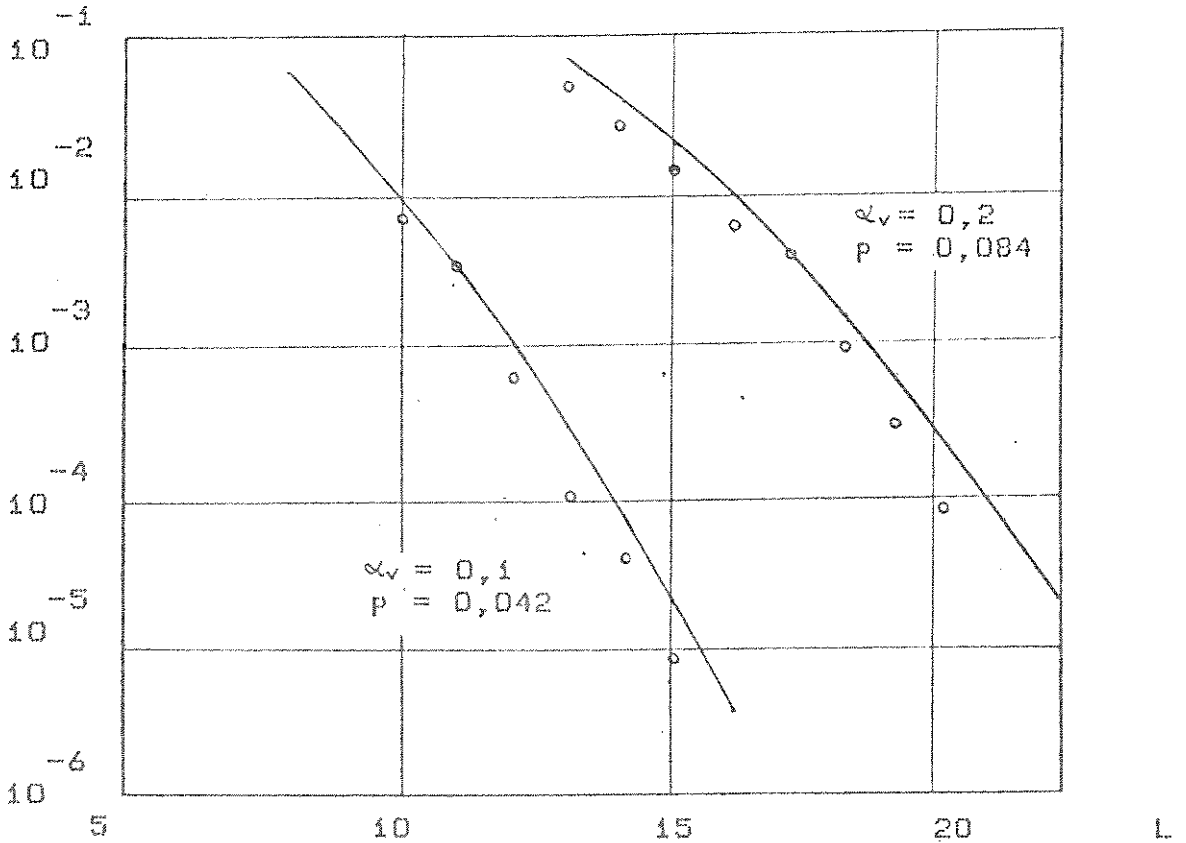
$\beta = 0,42$

(janelas temporais
por quadro)

- ... Análise matemática
- o ... Resultado simulação

Figura 4.4 - Probabilidade de descarte de envelopes de voz x L para N = 50 .

Probabilidade
de descarte



— ... Análise matemática
o ... Resultado simulação

Figura 4.5 - Probabilidade de descarte de envelopes de voz x L para $N = 100$.

descarte de envelope de um assinante , existe possibilidade daquele assinante sofrer descartes em quadros consecutivos . Isto ocorre porque a alteração do quadro é lenta , pois o tempo que um assinante permanece em um dos estados ativos é bem maior que o tempo do quadro . Na figura 4.6 apresentamos uma sequencia de quadros de uma simulação onde ocorreu este problema .

Para evitar este fato é necessário projetar o anel considerando uma probabilidade de descarte P_d pequena .

Quadro simulado	Ouv	Fal	Assinantes
366	0	3	.....*.0...0.....0.....
382	2	1	.....F.F...*.....0.....
383	2	1	.....F.F...*.....0.....
384	2	1	.....F.F...*.....0.....
394	3	0	.....F.F...F.....*.....
395	1	2	.....F*...0.....0.....
412	2	1	.....F.F...*.....0.....
413	2	1	.....F.F...*.....0.....
430	1	2	.....F*...0.....0.....
431	1	2	.....F*...0.....0.....
432	2	1	.....F.F...*.....0.....
433	2	1	.....F.F...*.....0.....
434	2	1	.....F.F...*.....0.....
435	2	1	.....F.F...*.....0.....
436	2	1	.....F.F...*.....0.....
437	2	1	.....F.F...*.....0.....
438	2	1	.....F.F...*.....0.....
439	2	1	.....F.F...*.....0.....
483	2	1	.....F.F...*.....0.....
484	2	1	.....F.F...*.....0.....
493	1	2	.....F*...0.....0.....
506	1	2	.....F*...0.....0.....
510	1	2	.....F*...0.....0.....
511	2	1	.....F.F...*.....0.....
512	2	1	.....F.F...*.....0.....

Ouv ... Assinantes ouvindo depois do assinante em descarte .
 Fal ... Assinantes falando antes do assinante em descarte .
 * ... Assinante em descarte .
 F ... Assinante falando com intenção de transmitir um envelope .
 O ... Assinante que receberá envelope (ouvindo) .
 S ... Assinante em silêncio .
 Assinante inativo .

N = 40 assinantes
 L = 3 janelas temporais

Figura 4.6 Ocorrência de descartes consecutivos .

4.3 - Multiplexador com sinais de voz e de dados

Neste caso , o modelo de análise utilizado é a simulação . O modelo teórico é de relativa complexidade e não foi estudado .

São analisadas duas estratégias de acesso ao multiplexador :

a) Somente um envelope de voz ou dado é transmitido em um quadro , por assinante integrado (cada assinante integrado possui um assinante de voz e de dados) . O envelope de dados tem acesso ao multiplexador somente quando não há envelopes de voz a transmitir .

b) Assinante de voz possui prioridade , mas é permitido ao assinante de dado associado transmitir em um mesmo quadro um envelope de dados , desde que haja uma janela temporal vazia .

Para simulação , o tráfego médio de envelopes de voz a serem transmitidos por quadro é dado por :

$$\lambda_v = N \cdot \alpha_v \cdot \rho$$

onde

λ_v ... Taxa média de chegadas de envelopes de voz por quadro .

α_v ... Taxa média de ocorrência de chamadas telefônicas .

β ... Probabilidade de assinante ativo de voz estar falando .

O tráfego médio de envelopes de dados a serem transmitidos por quadro é dado por :

$$\lambda_d = \alpha_d \cdot k$$

onde

λ_d ... Taxa média de chegadas de envelopes de dados por quadro .

α_d ... Taxa de ocorrência de ligações de dados por quadro .

k ... Número de envelopes por ligação de dados .

Na simulação é utilizada a relação

$$\lambda_d = q \cdot \lambda_v \quad (\text{envelopes / quadro})$$

onde q é a percentagem de envelopes de dados em relação a voz .

Para simulação foi escolhido o valor de $k = 6$.

No esquema de comutação de envelope espera-se , que quando um assinante de voz está transmitindo , ocupe quadros sucessivos . Para levarmos esse fato em conta na simulação , seja a nomenclatura abaixo :

- NMQF ... Número médio de quadros falando
- NMQ ... Número médio de quadros em uma ligação telefônica .
- δ_F ... Probabilidade de assinante ativo continuar falando no próximo quadro .
- δ_O ... Probabilidade de assinante ativo continuar ouvindo no próximo quadro .
- δ_S ... Probabilidade de assinante ativo continuar em silêncio no proximo quadro .
- PMQ ... Probabilidade de mudança no quadro .
- TEQ ... Tempo entre quadros sucessivos .
- $P_x = 1/N$... Probabilidade de escolher um assinante aleatório .

Como o comprimento do quadro é discreto , a quantidade de quadros que um assinante permanece ouvindo , falando ou em silêncio pode ser modelada por uma distribuição estatística geométrica .

Consideramos então o NMQ (Número médio de quadros) como sendo o valor esperado de uma distribuição geométrica .

Se em um determinado quadro o número aleatório gerado for menor que PMQ poderá ocorrer mudança no quadro .

Então

$$NMQ = \frac{1}{P_x \cdot PMQ \cdot (1 - \alpha_v)}$$

e portanto

$$PMQ = \frac{N}{NMQ \cdot (1 - \alpha_v)}$$

Para esta simulação consideramos $NMQ = 1.000$. Se o tempo médio de uma ligação for de 3 minutos , TEQ (Tempo entre quadros sucessivos) é igual a :

$$TEQ = \frac{180.000}{1.000} = 180 \text{ ms}$$

Adotando o tempo médio de fala de 1,2 segundos , utilizado em [8] podemos calcular o NMQF (número médio de quadros falando) .

$$NMQF = \frac{1.200}{180} = 20 / 3$$

Podemos calcular δ_F pela média da distribuição geométrica :

$$NMQF = \frac{1}{1 - \delta_F}$$

portanto

$$\delta_F = 1 - 1 / NMQF$$

Usando o valor de NMQF calculado anteriormente , obtemos $\delta_F = 0,85$. Conseqüentemente $\delta_o = 0,85$. O valor de NMQS é calculado admitindo-se que o tempo médio de silêncio é 600 ms [8] . Portanto o valor de δ_c é 0.606 .

Na figura 4.7 é novamente apresentado os estados de um assinante , desta vez indicando as probabilidades adotadas na simulação .

A figura 4.8 mostra o fluxograma do programa de simulação para assinantes de voz e de dados , utilizando a estratégia a) .

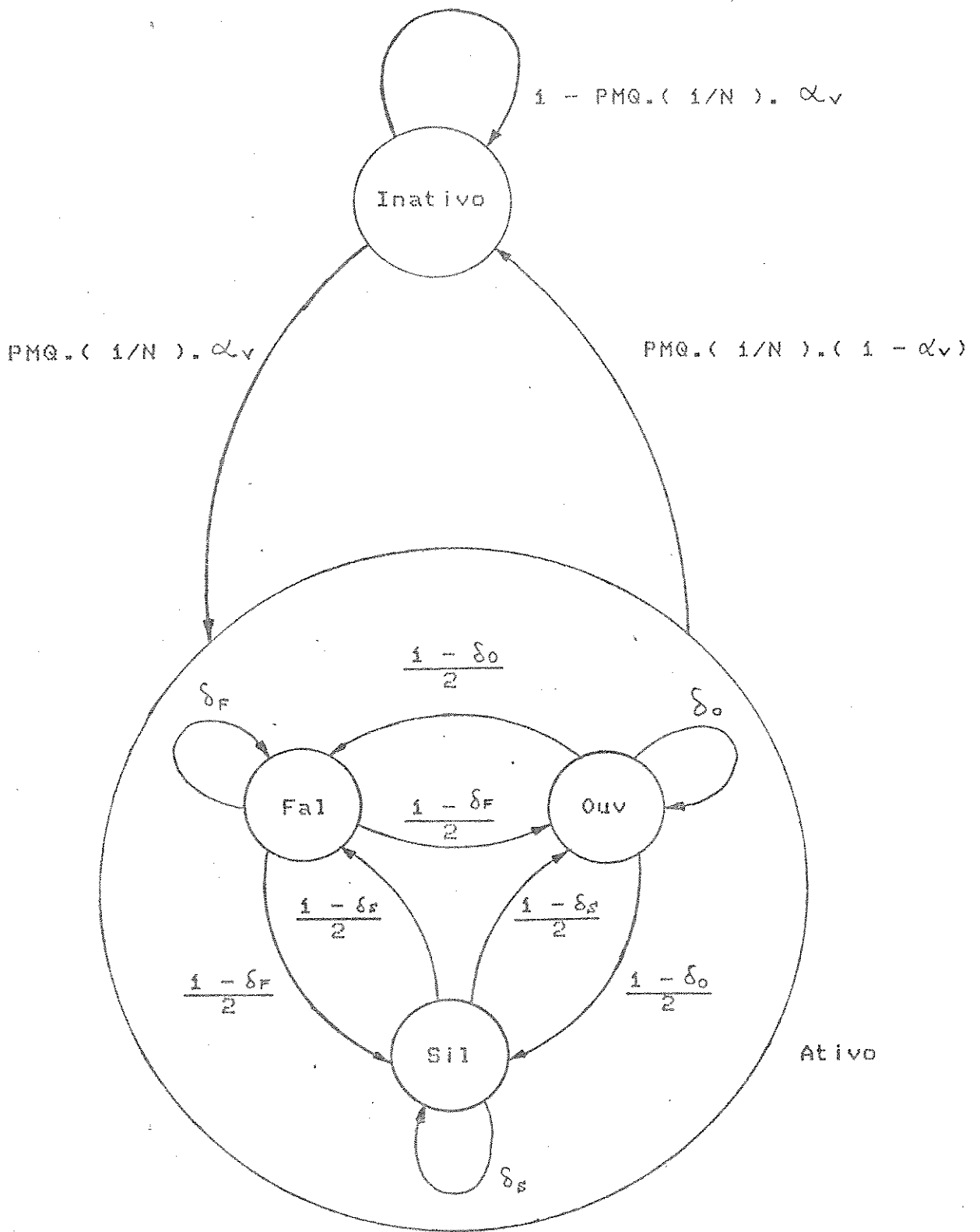


Figura 4.7 - Os estados dos assinantes de voz .

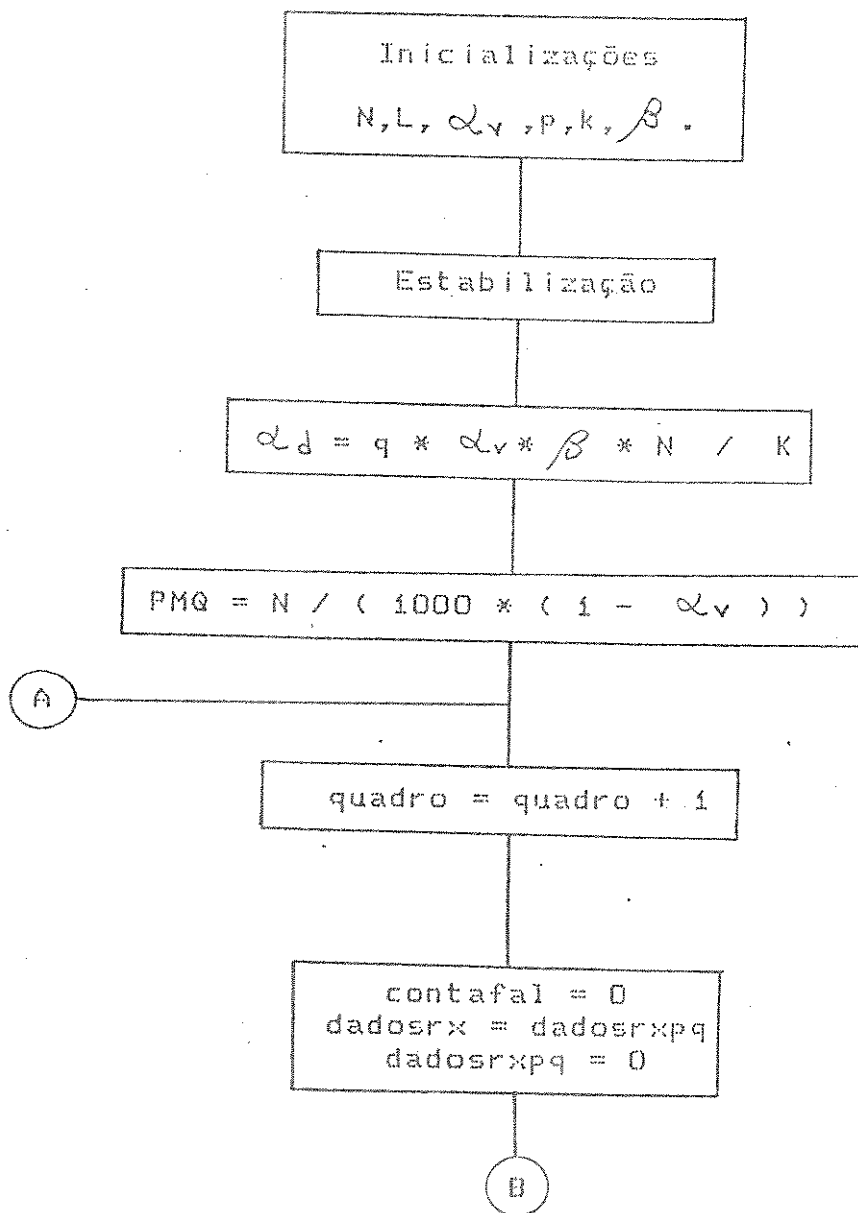


Figura 4.8 - Fluxograma do programa de simulação para sinais de voz e dados .

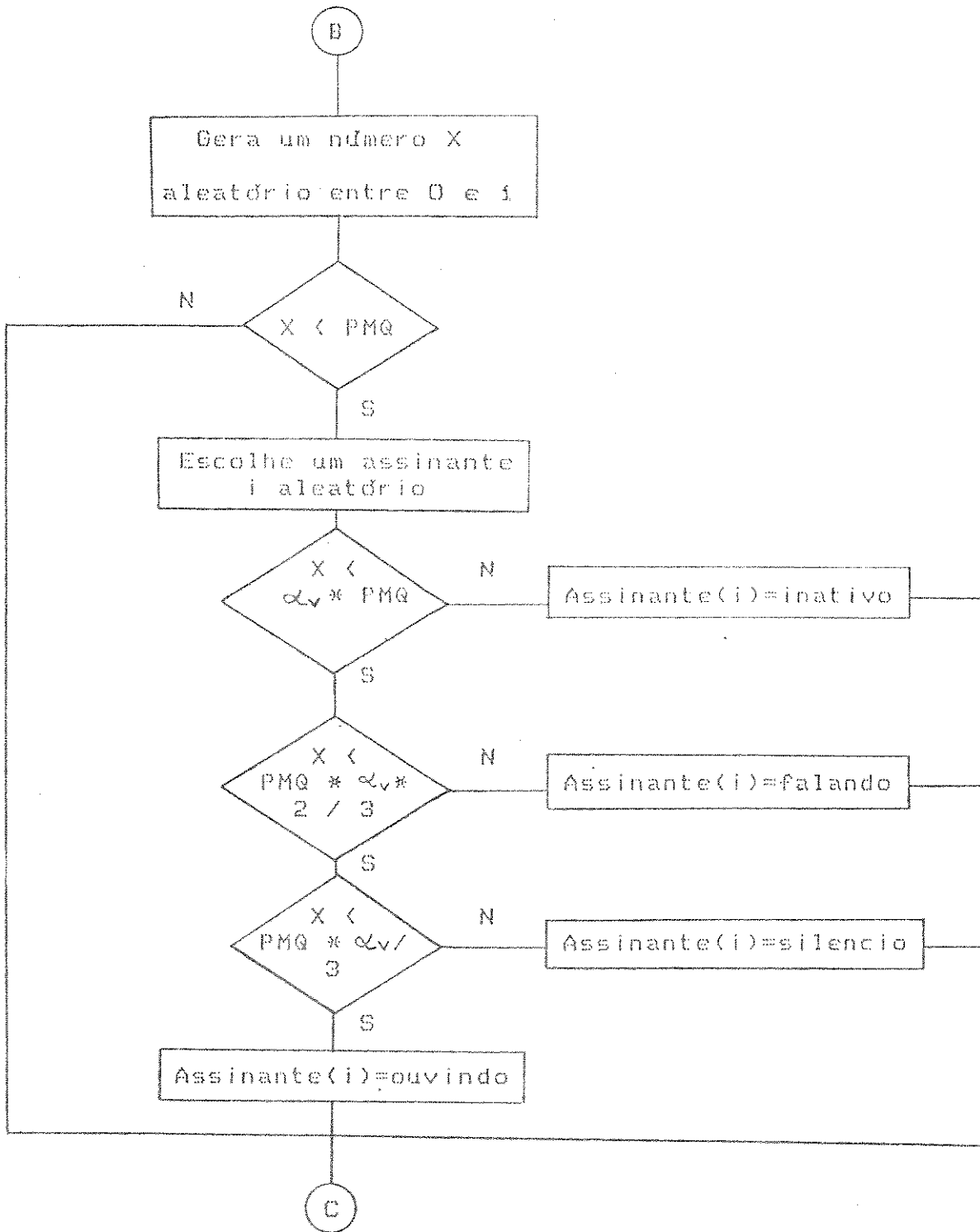


Figura 4.8 - Continuação 1. Alteração no "quadro" de voz.

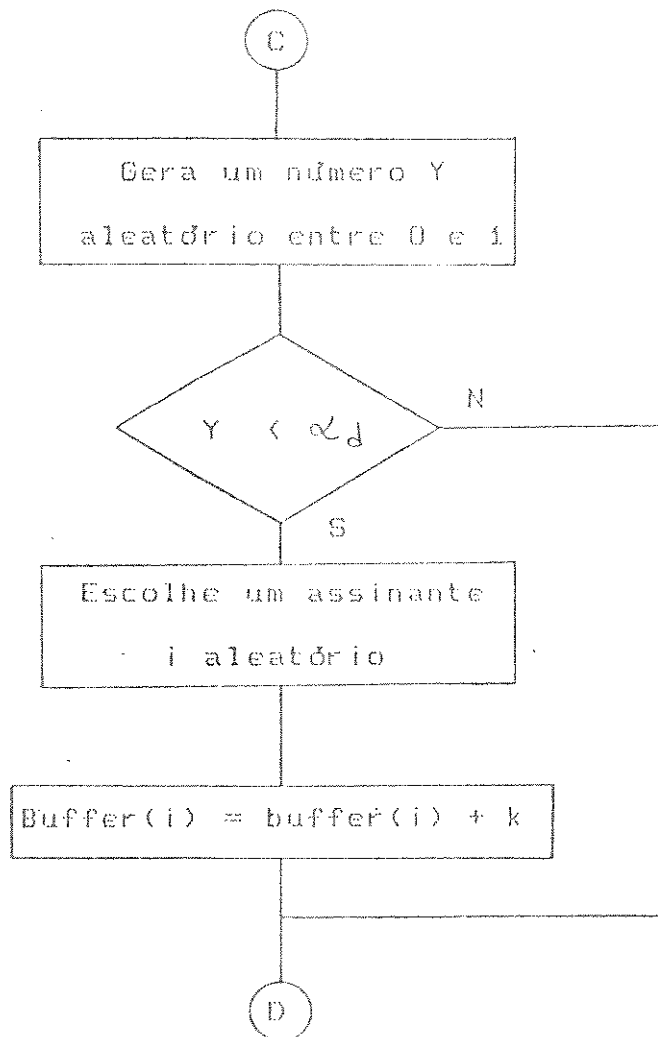


Figura 4.8 - Continuação 2 . Alteração no "quadro" de dados .

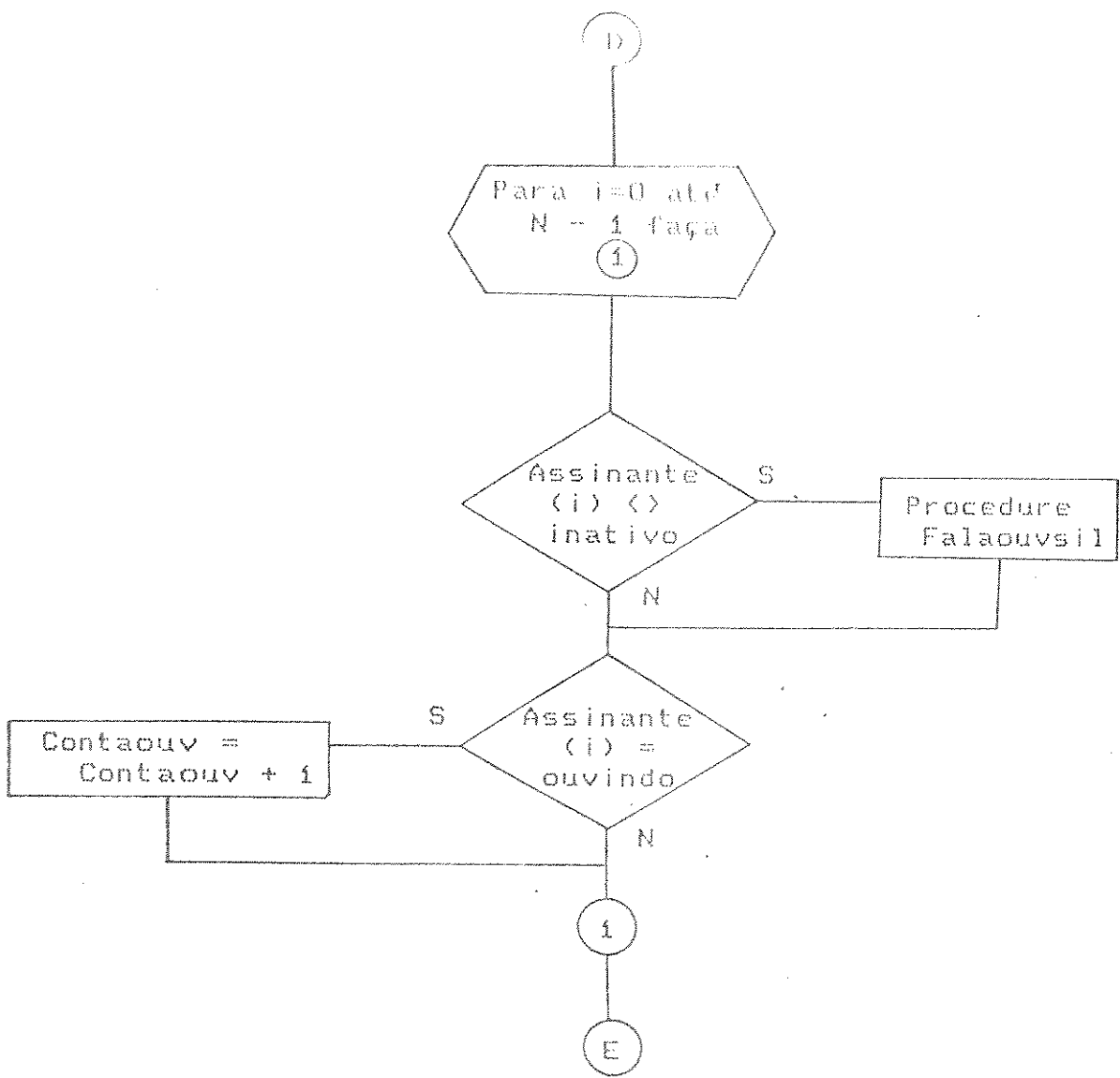


Figura 4.8 - Continuação 3. Contagem dos assinantes ouvindo no quadro e alteração da condição de ouvindo, falando e silêncio dos assinantes ativos.

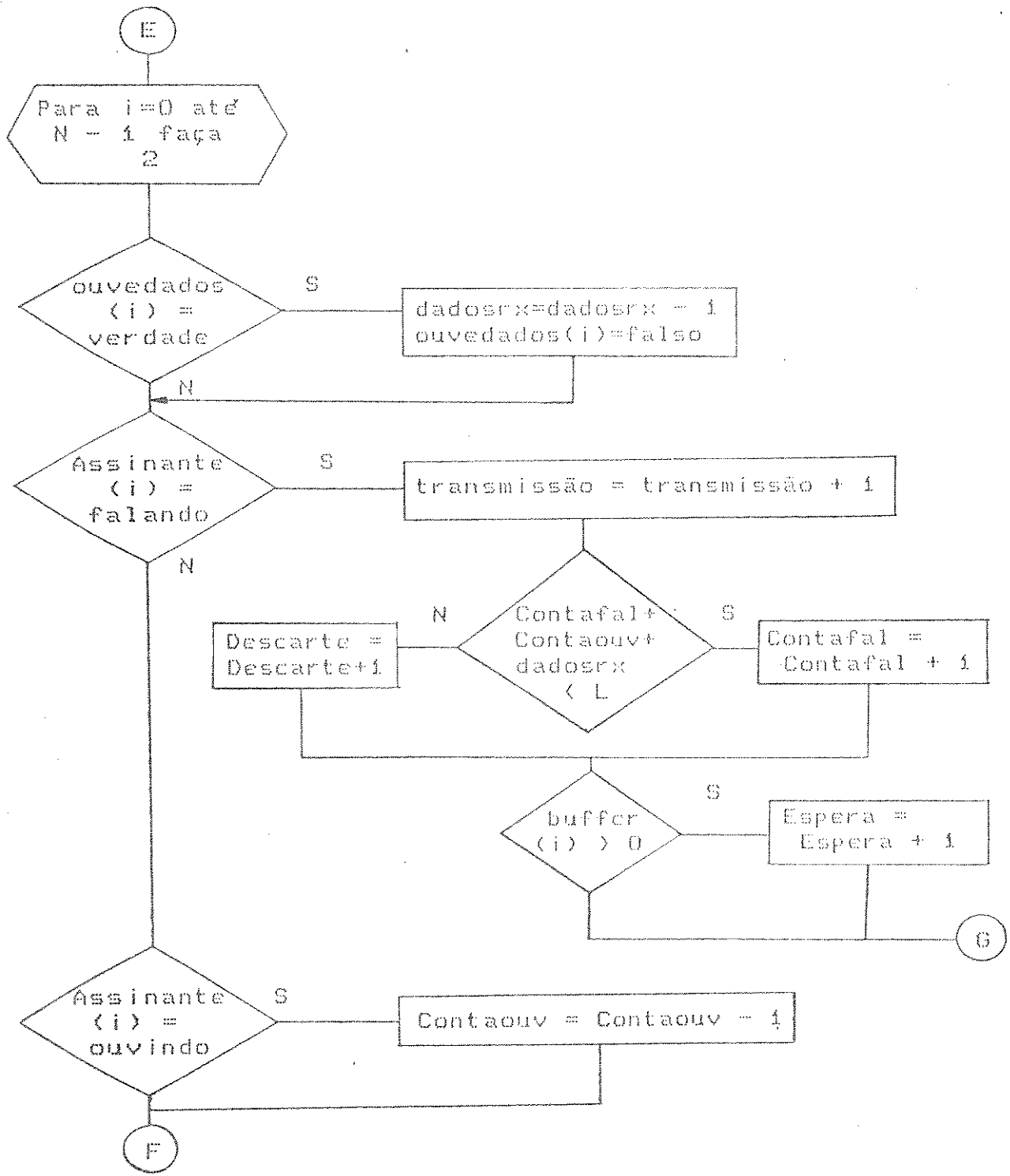


Figura 4.8 - Continuação 4 . Verificação de descarte de pacotes de voz e espera de pacotes de dados .

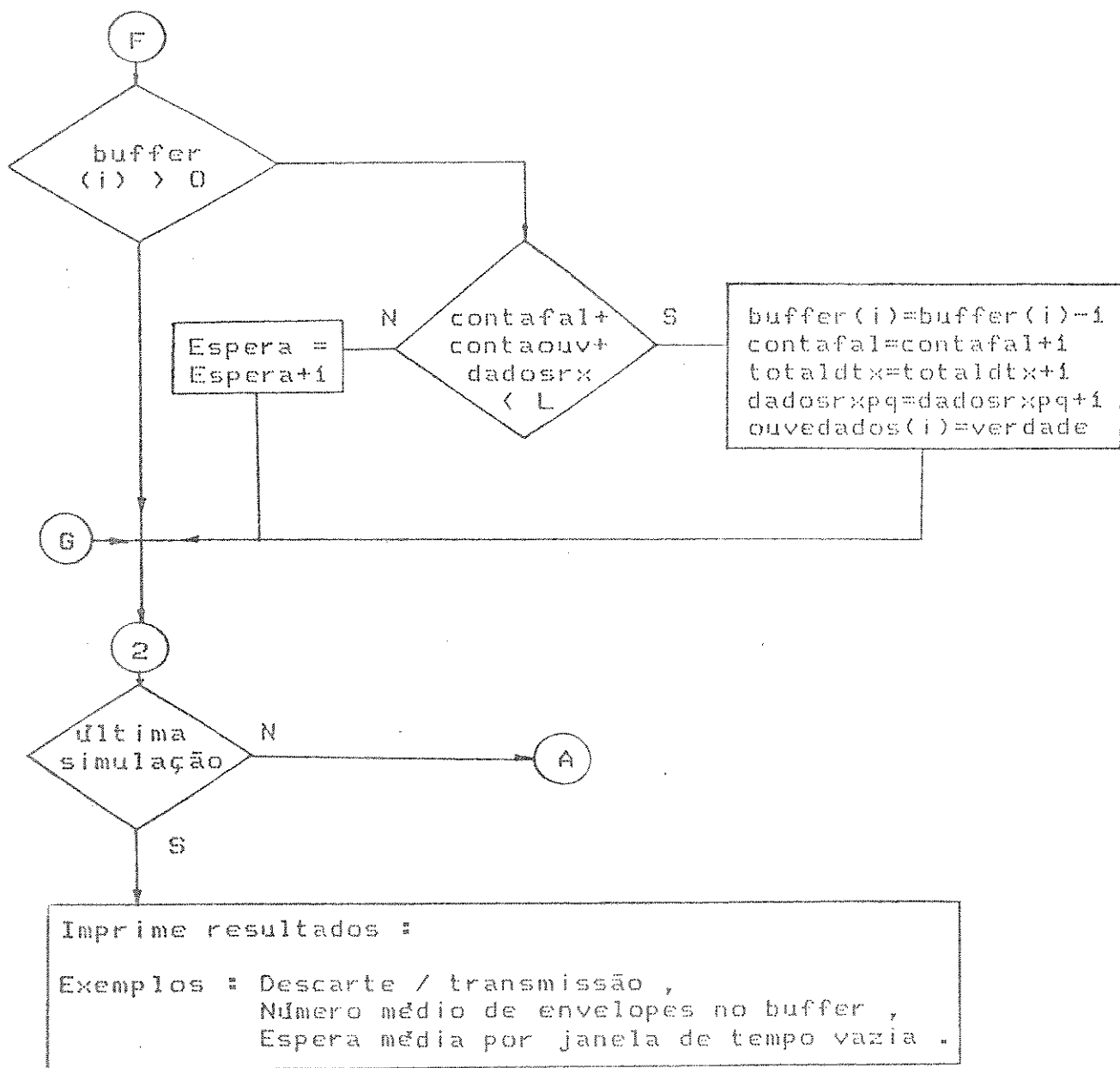


Figura 4.8 - Continuação 5 . Verificação das esperas para os envelopes de dados e saída dos resultados .

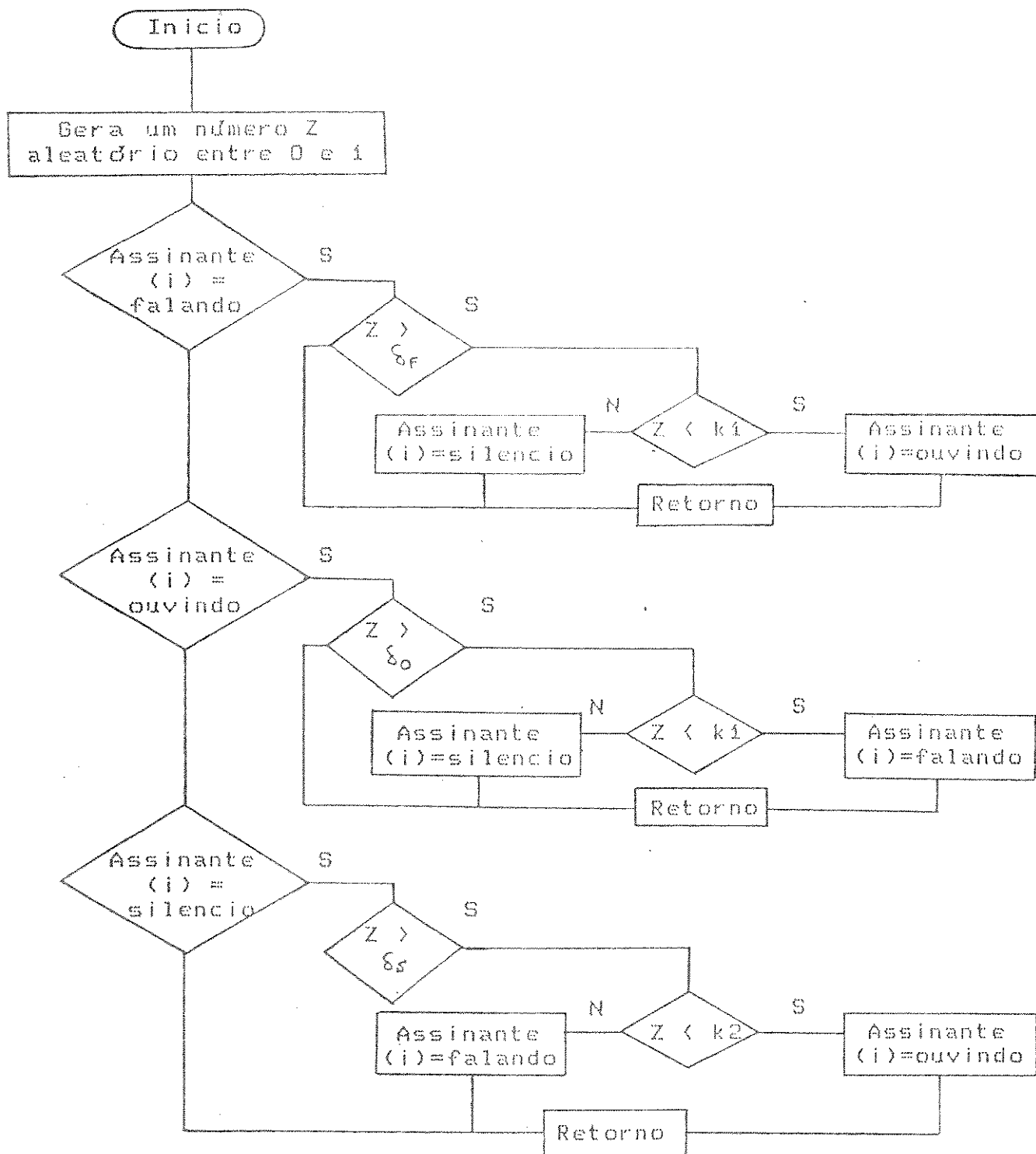


Figura 4.8 - Continuação 6. Procedure Falaouvsil para alternar estados falando, ouvindo e silencio dos assinantes de voz.

Na figura 4.9 traçamos a percentagem de descarte , considerando $N = 20$, $L = 7$ e $\alpha_v = 0,1$ em função de λ_d (ou percentagem $q * 100$ de tráfego de dados) para as estratégias a) e b) .

Para os sinais de dados analisamos o comportamento do tráfego misto pelo atraso , que obtemos via teorema de Little .

$$E(N) = \lambda_d * E(T)$$

no caso

$$\lambda_d = q * \alpha_v * \beta \quad \frac{\text{envelopes}}{\text{(assinante * quadro)}}$$

e $E(N)$ é obtido pela simulação .

A figura 4.10 apresenta os atrasos médios dos envelopes de dados também para as duas estratégias de encaminhamento dos envelopes de dados . Caso não ocorra espera o atraso médio será função do número de envelopes K que cada assinante de dados recebe por vez que é ativado .

Verificamos que a estratégia a) leva a menores probabilidades de descarte e a maior atraso médio dos envelopes de dados que a estratégia b) , conforme era esperado . Depende então do objetivo do projeto a escolha entre as duas estratégias propostas .

Probabilidade
de descarte

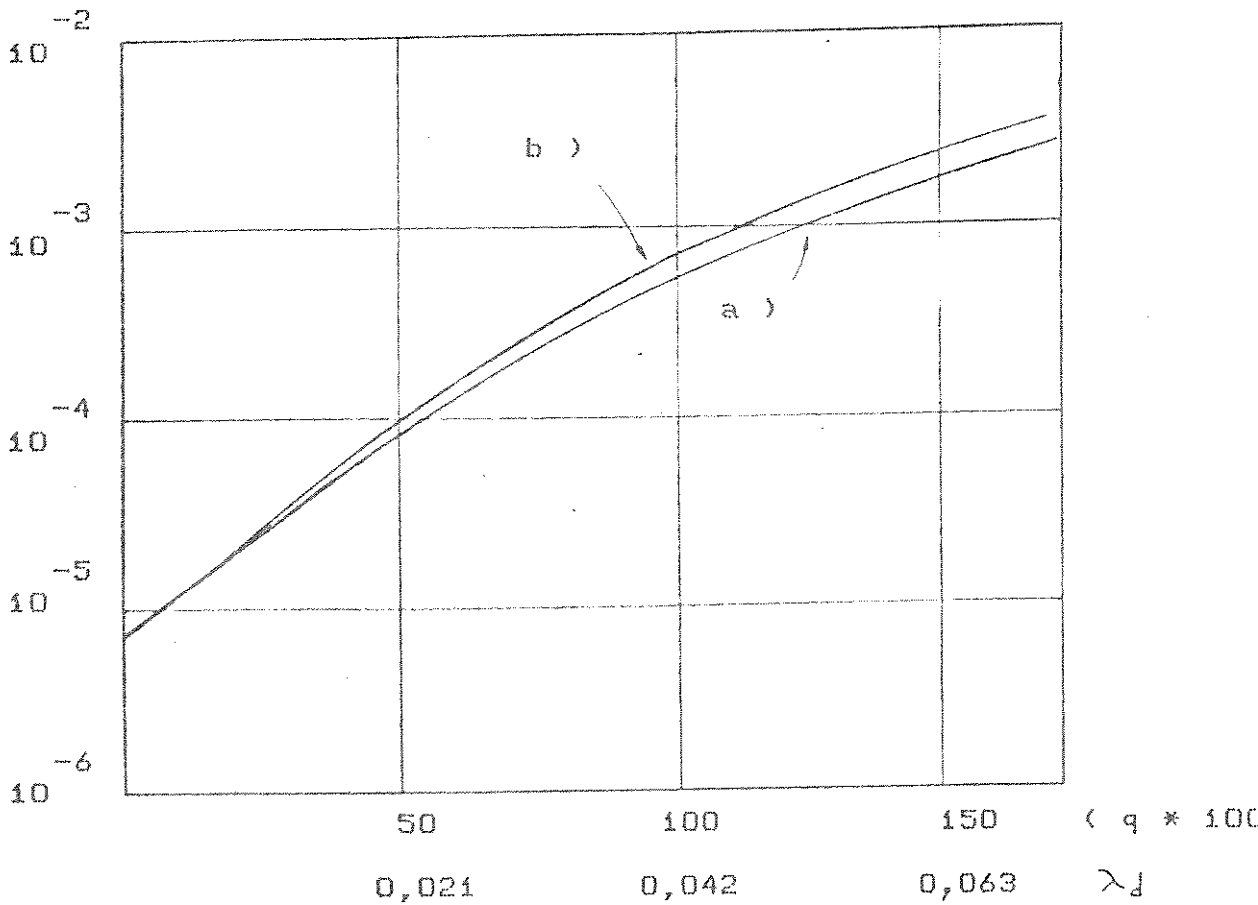


Figura 4.9 - Probabilidade de descarte de envelopes de voz para $N = 20$, $L = 7$ e $\alpha_V = 0,1$ em relação ao tráfego de dados.

$E(T)$
 Atraso médio em
 número de quadros
 simulados .

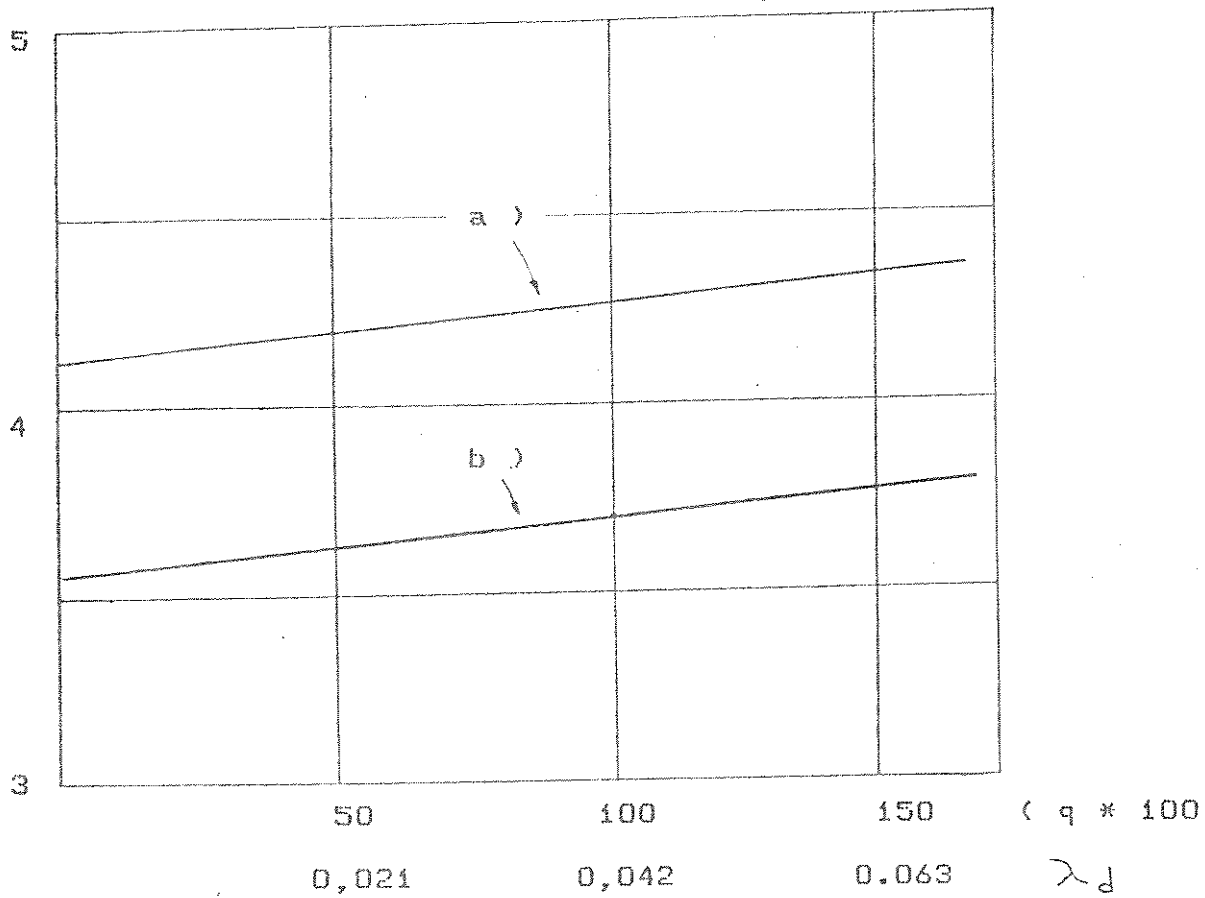


Figura 4.10 - Atraso médio dos envelopes de dados para $N = 20$, $L = 7$ e $\alpha_v = 0,1$ em relação ao tráfego de dados .

Para projetarmos uma central de comutação de envelopes da forma como foi proposta precisamos conhecer a priori a taxa de ocorrência de chamadas de voz e a percentagem q de tráfego de dados em relação ao tráfego de voz esperado . É necessário também definir qual a máxima probabilidade de descarte Pd tolerável pelos assinantes de voz .

Com estes valores obtemos , pela simulação , o mínimo valor de L (janelas temporais) necessário .

Recorrendo à seção 3.3 onde estabelecemos a relação que determina o overhead de bits de controle no quadro , temos :

$$\text{Overhead} = \frac{Sq + L * (Sj + Bc)}{L * m * 8}$$

Sendo Bc os bits de endereço acrescido de 1 (um) bit para designação dos envelopes de sinalização . Portanto Bc será igual ao primeiro inteiro superior a $1 + \log_2 N$.

Considerando um valor de overhead razoável poderemos então calcular o valor do número de amostras de voz m a serem incluídas em cada envelope de voz , pela formula :

$$m = \frac{Sq + L * (Sj + Bc)}{L * \text{Overhead} * 8}$$

Conhecendo-se todas as variáveis acima podemos usar a relação :

$$L \leq \frac{m * (f_b / f_a) - 8}{8 + B_c + 8 * m}$$

também desenvolvida na seção 3.3 que modificada para fornecer a frequência de operação da linha, f_b , em função dos outros parâmetros dá :

$$f_b \geq L * (8 + B_c + 8 * m) + 8 * f_a / m$$

Exemplificando o projeto vamos usar os dados utilizados na figura 4.9, ou seja, $N = 20$ e $L = 7$. Vamos supor que a máxima taxa admissível para P_d é de 0,001 e que o máximo tráfego de dados se iguala ao de voz. O valor de B_c será o primeiro inteiro maior que $1 + \log_2 20$. Portanto $B_c = 6$ bits.

Considerando um overhead de bits de controle no quadro de 0,1 (ou 10%) calculamos m :

$$m = \frac{8 + 7 * (8 + 6)}{8 * 0,1 * 7} = 18,9$$

Portanto $m = 19$

Finalmente :

$$fb \geq 7 * (8 + 6 + 8 * 19) + 8 * 8000 / 19$$

$$fb \geq 492,632 \text{ Kbps}$$

4.4 - Conclusão

Propuzemos o modelamento do multiplexador , com sinais apenas de voz , como sendo uma distribuição binomial . Este modelamento foi comparado com resultados de simulações e se mostrou adequado .Se a intenção de projeto for uma central de comutação de voz pode-se estabelecer o número de janelas do quadro em função do número de assinantes N a atender e da probabilidade de descarte P_d sem recorrer a simulação .

Para sinais de voz e dados foi desenvolvido apenas o programa de simulação , o qual fornece a percentagem de descartes em função do número de janelas temporais L , de assinantes integrados N , da taxa média de ocorrência de chamadas telefônicas e da percentagem de tráfego de dados em relação ao tráfego de voz . O programa fornece também o número médio de envelopes de dados no buffer .

Fica estabelecido então a condição de se projetar o multiplexador com sinais de voz e dados , bastando fixar N , ρ_v e q , variando L até obter a probabilidade de descarte P_d e o atraso médio dos envelopes de dados $E(T)$ desejados . Este atraso é calculado pelo teorema de Little através do número médio de envelopes no buffer $E(N)$ e da taxa média de chegadas de envelopes de dados por quadro .

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

Neste trabalho apresentamos no capítulo 1 um breve histórico das centrais telefônicas, desde as primeiras centrais manuais até as modernas centrais digitais com controle por programa armazenado.

No capítulo 2 descrevemos os principais elementos de uma central telefônica sob o ponto de vista de uma central digital. Comentamos as funções de controle e as vantagens de sua estruturação de forma distribuída, possibilitando uma degradação suave das funções da central quando da ocorrência de falha.

No capítulo 3 apresentamos uma variação da arquitetura de comutação híbrida introduzida por [9] visando a comutação de sinais de voz e de dados. Julgamos ser econômica a central proposta por ser relativamente simples, podendo ser implementada usando poucos componentes.

No capítulo 4 efetuamos um estudo do multiplexador utilizado pela central considerando apenas sinais de voz e também para sinais de voz e de dados.

Quando consideramos apenas sinais de voz fizemos um estudo teórico e um programa de simulação, que apresentaram aproximadamente o mesmo resultado.

Ao considerarmos também os sinais de dados efetuamos apenas um programa de simulação. Ficou estabelecido então a

condição de se projetar o multiplexador com sinais de voz e de dados para atender uma quantidade de assinantes N , uma taxa de chamadas de voz λ e a um tráfego de dados em relação ao de voz q . Executando o programa simulador para os dados anteriores e para diferentes valores de janelas temporais L obtem-se a probabilidade de descarte dos envelopes de voz P_d e o atraso médio dos envelopes de dados $E(T)$.

A implementação prática deste projeto será objeto de trabalhos futuros. Fica também para trabalho futuro o estudo da influencia de P_d na inteligibilidade da comunicação de voz.

6 - REFERÊNCIAS

- [1] R.A.Bruce, P.K.Giloth, and E.H.Siegel, Jr.
N.4 ESS - Evolution of a Digital Switching
System
IEEE Transation on Comunications
Vol.Com-27 n.7 July 1979 .
- [2] Kasson, J.M.
Survey of Digital PBX Design
IEEE Transactions on Comunications
Vol.Com-27 n.7 July 1979 .
- [3] Purba , Amano , Shobatake , Aisor
A VLSI Switch for a Digital PBX
The Transactions of the IECE of Japan
Vol.E 65 n.7 July 1986
- [4] Tropico R - Central Local / Tandem Digital do
Sistema Trópico .
Publicação do CPqD Telebrás 1985 - Campinas .
- [5] Pfister G. M. and O'Brien B.V.
Comparing de CBX to the Local Network - and
the Winner is ?
Data Communications - July 1982 .
- [6] J.P.Behr et al.
System Concept of a PABX Integrating Voice
and Data .
ICC - 1984
- [7] S.Motoyama , T.Yamagami , T.Saito and H.Inose
An Envelope Voice System for Subscriber Loop
Multiplexing .
Transactions of IECEJ, Vol.E64, n.7, July 1981 .
- [8] Michael S. Nakhla , David H.A.Black
Analysis of a TASI System Employing Speech
Storage .
IEEE Transactions on Comunications
Vol Com-30 , n.4 , April 1982 .
- [9] Shusaburo Motoyama
An Envelope Switching System For Integrated
Service Digital Networks .
Tese de Doutorado , Tokyo University , 1982

7 - APENDICE

Programa de simulação do anel multiplexador para sinais de voz e de dados (Estratégia a).

rogram SIMULA ;

ESTRATEGIA a) DE DADOS *)

const

```
= 20 ; (* Numero de assinantes integrados no anel *)
ma = 0.42 ; (* Taxa de assinantes que estao falando *)
lta = 0.84 ; (* Taxa de assinantes que estao ouvindo *)
favoz = 0.1 ; (* Taxa de chegada de chamada de voz *)
= 1.0 ; (* Relacao de trafego dados / voz *)
= 6 ; (* Numero de pacotes por ativacao de dados *)
= 7 ; (* Numero de janelas temporais por quadro *)
```

pe estados = (fal,ouv,sil,inativo);

```
ar assinante : array (.0..n.) of estados;
buffer : array (.0..n.) of integer;
ouvedados : array (.0..n.) of boolean;
```

```
contadouv,contafal , i , j , m ,
dadosrx,dadosrxpq,maxbuffer,simulacao : integer;
```

```
tota,totf,totaldtx,totalesp,totaldados,
alfavoz1,alfavoz2,alfadados,totativ,
totfreeze,deltaF,delta0,deltaS,k1,k2,a,pmq : real;
```

procedure falaouvsil;

Para atribuir a um assinante de voz ativo um dos estados da simulacao : falando , ouvindo e silencio . *)

begin

```
a := random;
case assinante (.i.) of
  fal : if a > deltaF
    then
      if a < k1
        then
          assinante (.i.) := ouv
        else
          assinante (.i.) := sil;
  ouv : if a > delta0
    then
      if a < k1
        then
          assinante (.i.) := fal
        else
          assinante (.i.) := sil;
  sil : if a > deltaS
    then
      if a < k2
        then
          assinante (.i.) := fal
        else
          assinante (.i.) := ouv
    end
```

end;

Inicio do programa principal

*)

```
begin
alfavoz1 := alfavoz / 3;
alfavoz2 := alfavoz1 * 2;
```

Geracao do cabecalho do relatorio de ass. de voz

```
write (1st, '
Universidade Estadual de Campinas');
write (1st);
write (1st, 'Professor Orientador : Dr. Shusaburo Motoyama');
write (1st, ' Aluno : Wilmar Alves C. de Lima');
write (1st);
write (1st, ' Alfa = ', alfavoz:5:4, ' Simulacoes por linha do r
porio = 30.000');
write (1st);
write (1st, ' E S T R A T E G I A a ) D E D A D O S');
write (1st);
write (1st, ' N L %Dados At.voz Desc Desc/ativ ',
' At.dados Espera Maxbuf Buffmed');
write (1st);
```

*)

Calculo de alfadados

*)

```
alfadados := P * alfavoz * gama * n / K ;
```

Inicializacao de variaveis

*)

```
pmq := N / ( 1000 * ( 1 - alfavoz ) );
deltaF := 1 - 180 / 1200;
delta0 := deltaF;
deltaS := 1 - 180 / 457;
k1 := 0.5 + deltaF / 2;
k2 := 0.5 + deltaS / 2;
m := n - 1;
for i := 0 to m do
begin
buffer (.i.) := 0;
ouvedados (.i.) := false;
assinante (.i.) := inativo;
end;
simulacao := 0;
totativ := 0;
totfreeze := 0;
contaouv := 0;
dadosrxpq := 0;
totaldados := 0;
totalesp := 0;
totaldtx := 0;
maxbuffer := 0;
```

```

Preparacao do quadro de voz *)
for j := 1 to round ( n * alfavoiz ) do
begin
  i := trunc ( n * random );
  a := random;
  if a < 0.3333
  then
    assinante (.i.) := fal
  else
    begin
      if a < 0.6666
      then
        assinante (.i.) := ouv
      else
        assinante (.i.) := sil
      end
    end;
end;

```

```

Preparacao do quadro de dados *)
for j := 1 to round ( n * alfadados ) do
begin
  i := trunc ( n * random );
  buffer (.i.) := buffer (.i.) + k;
end;

```

```

SIMULACAO *)
repeat
simulacao := simulacao + 1;

```

```

Procedimento para mudanca no quadro de voz *)
if random < pmq
then
begin
  i := trunc ( n * random );
  a := random;
  if a < alfavoiz
  then
    if a < alfavoiz1
    then
      assinante (.i.) := fal
    else
      if a < alfavoiz2
      then
        assinante (.i.) := ouv
      else
        assinante (.i.) := sil
      end
    else
      assinante (.i.) := inativo
    end
end

```

Procedimento para mudanca no quadro de dados *)

```
a := random;  
if random < alfadados  
then  
begin  
i := trunc ( n * a );  
buffer (.i.) := buffer (.i.) + k;  
if buffer (.i.) > maxbuffer  
then  
maxbuffer := buffer (.i.)  
end;
```

Inicializa contadores *)

```
contafal := 0;  
dadosrx := dadosrxpq;  
dadosrxpq := 0;
```

Conta assinantes ouvindo no quadro e soma totaldados *)

Altera condicao dos assinantes ativos :
falando,ouvindo,silencio *)

```
for i := 0 to m do  
begin  
if assinante (.i.) <> inativo  
then  
falaouvsil;  
if assinante (.i.) = ouv  
then  
contaouv := contaouv + 1;  
totaldados := totaldados + buffer (.i.)  
end;
```



```

do de descarte no quadro *)
do
s (.i.)
rx := dadosrx - 1;
dados (.i.) := false
nte (.i.) of
in
otativ := totativ + 1;
f ( contafal + contaouv + dadosrx ) < L
then

(* Transmite um pacote de voz *)
contafal := contafal + 1
else
(* Ocorre descarte de um pacote de voz *)
totfreeze := totfreeze + 1;
f buffer (.i.) > 0
then

(* Pacote de dados espera outro quadro *)
totalesp := totalesp + 1
;
in
contaouv := contaouv - 1;
f buffer (.i.) > 0
then
if ( contafal + contaouv + dadosrx ) < L
then

(* Transmite um pacote de dados *)
begin
contafal := contafal + 1;
buffer (.i.) := buffer (.i.) - 1;
totaldtx := totaldtx + 1;
ouvedados (.i.) := true;
dadosrxpq := dadosrxpq + 1;
end
else

(* Pacote de dados espera outro quadro *)
totalesp := totalesp + 1;
;

```

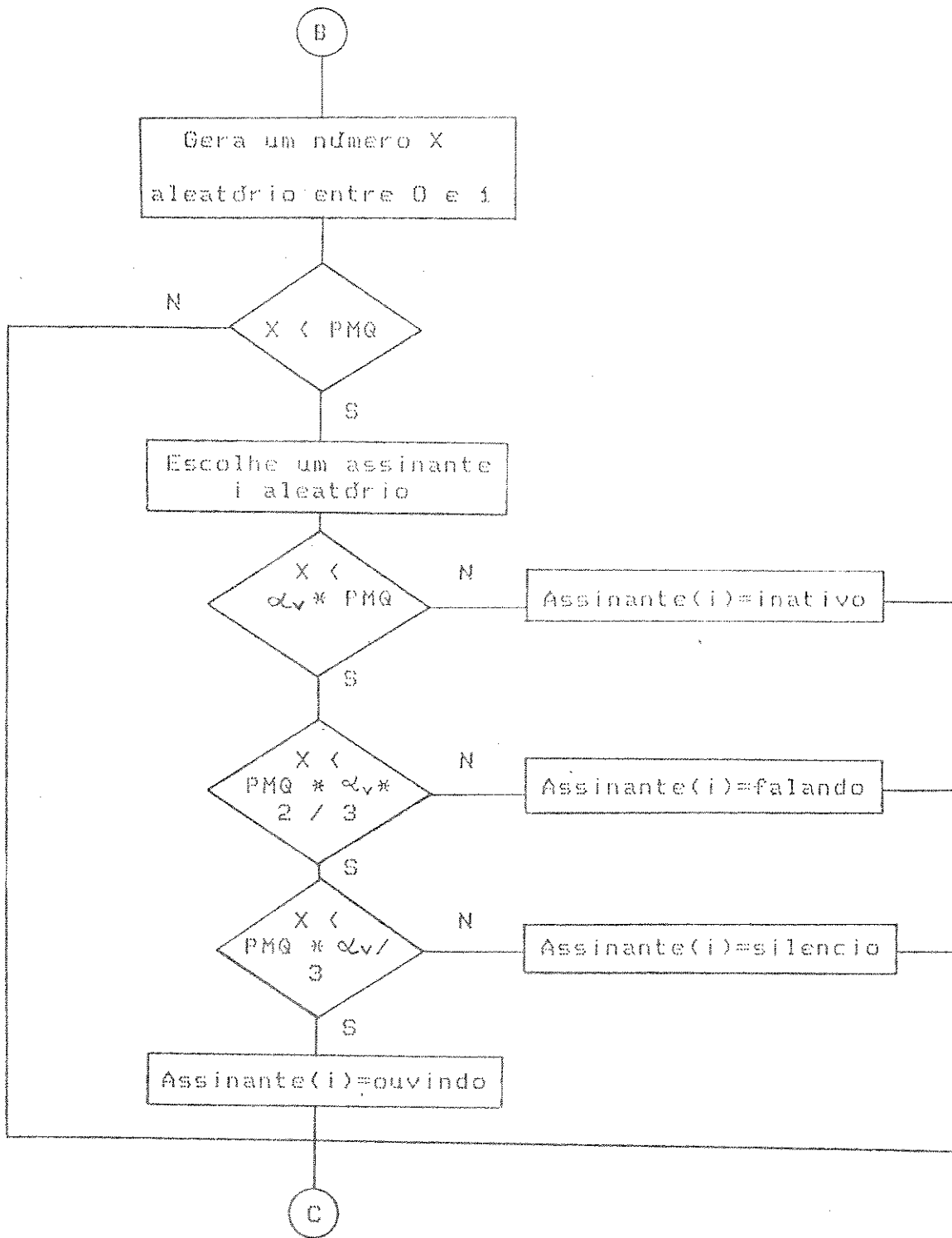


Figura 4.8 - Continuação 1. Alteração no "quadro" de voz.

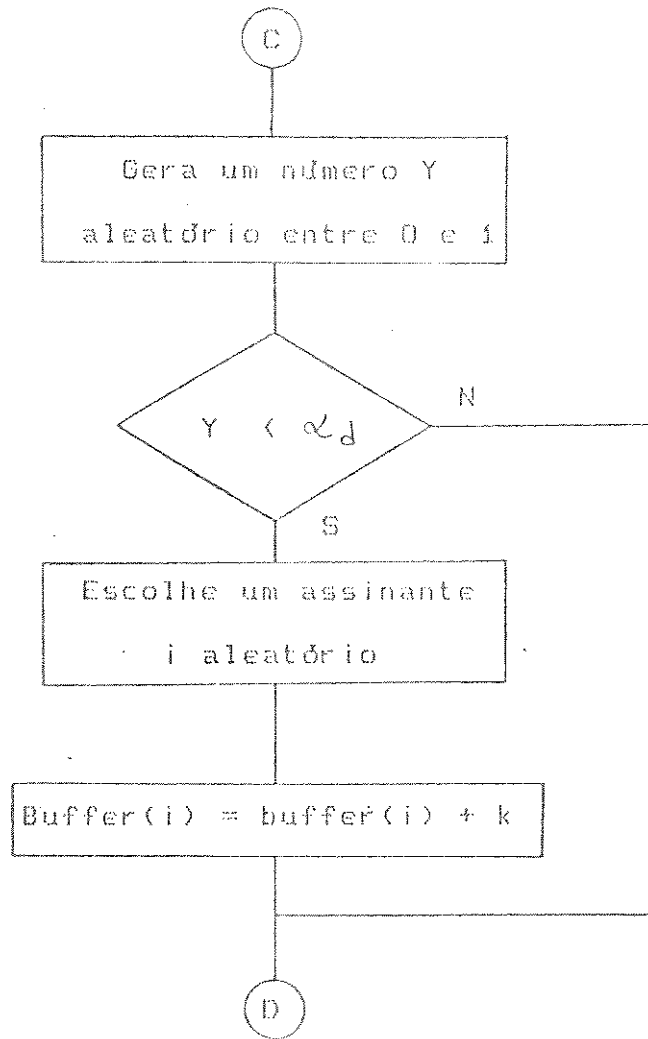


Figura 4.8 - Continuação 2 . Alteração no "quadro" de dados .

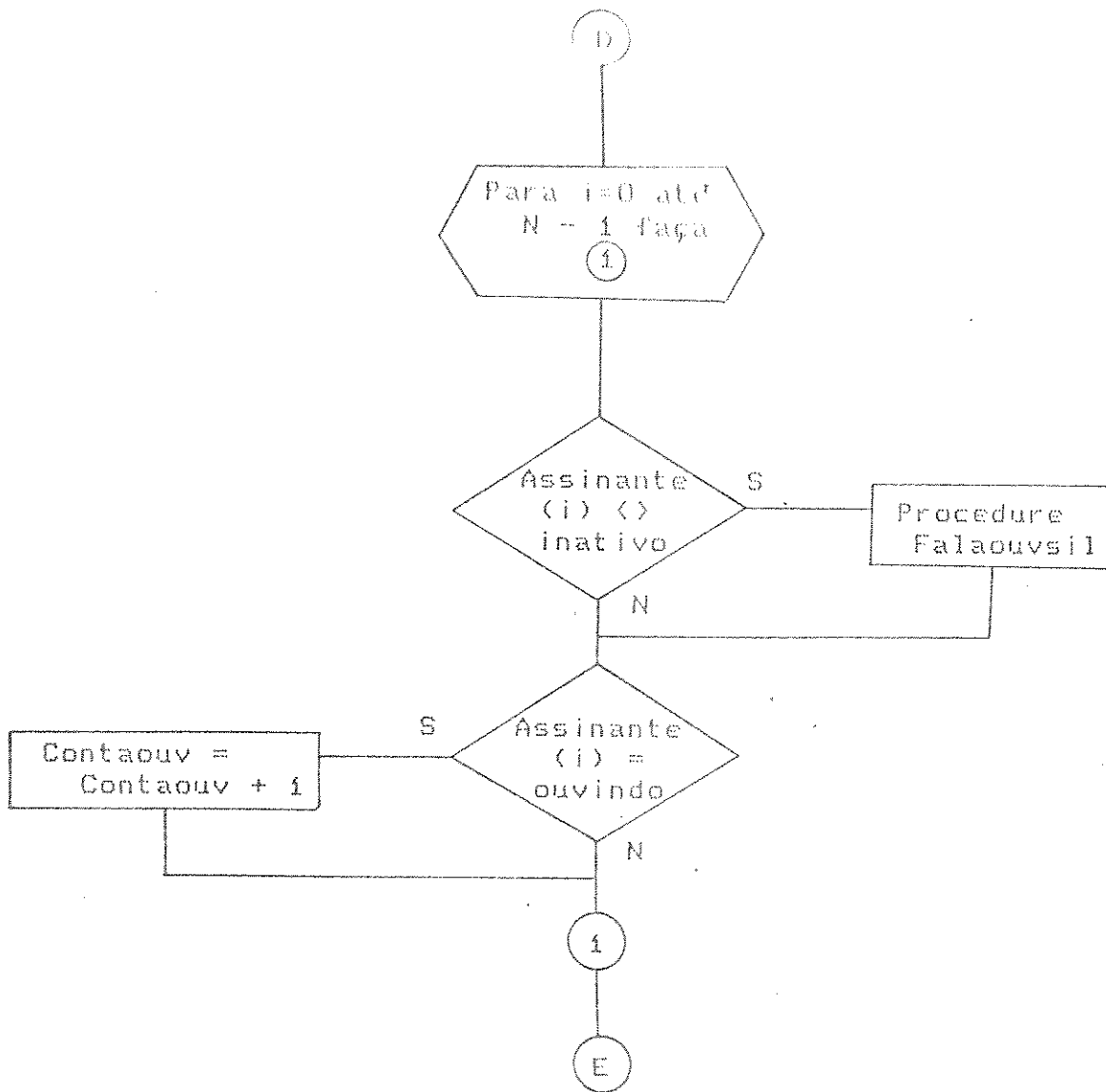


Figura 4.8 - Continuação 3 . Contagem dos assinantes ouvindo no quadro e alteração da condição de ouvindo, falando e silêncio dos assinantes ativos .

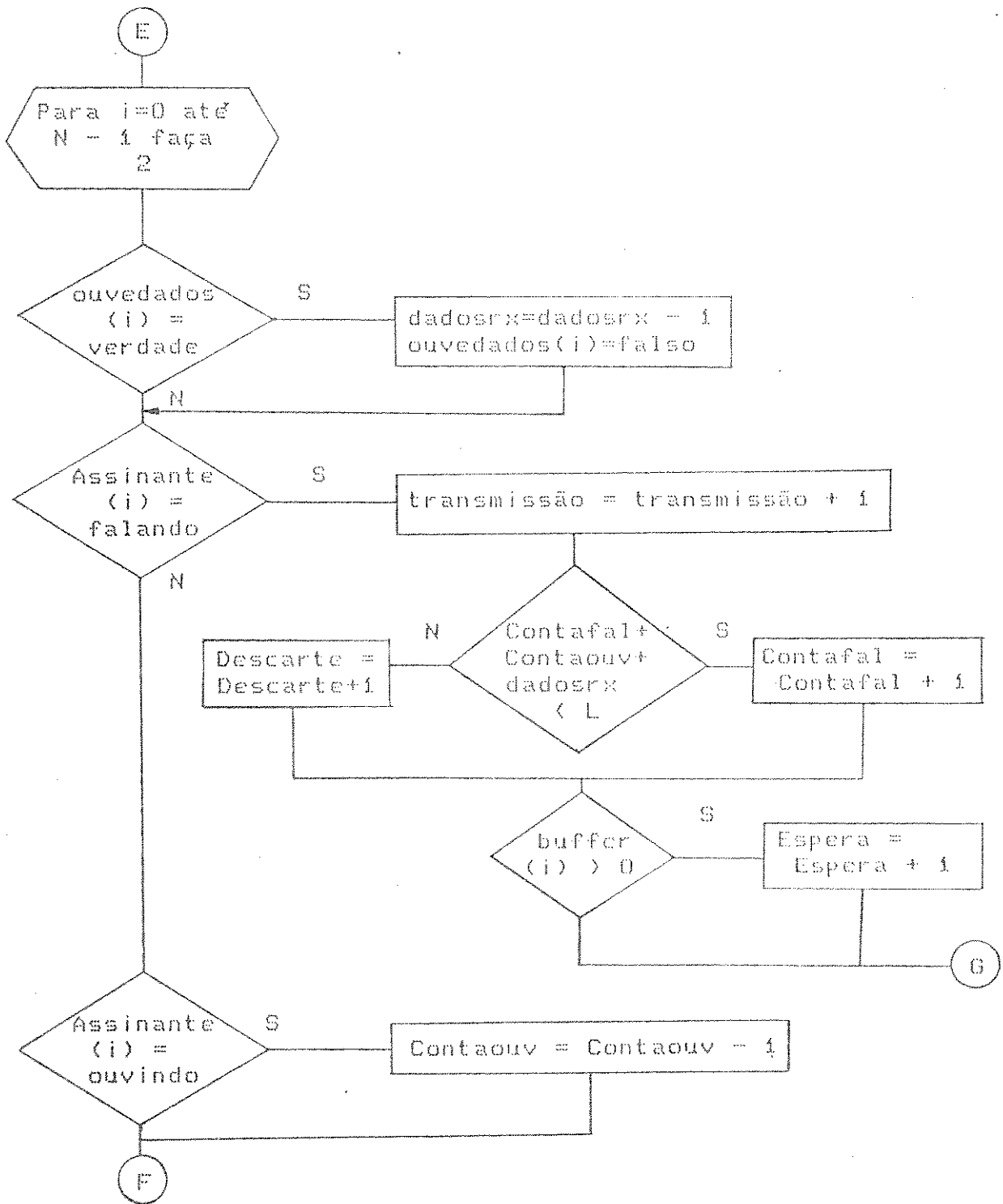


Figura 4.8 - Continuação 4. Verificação de descarte de pacotes de voz e espera de pacotes de dados.

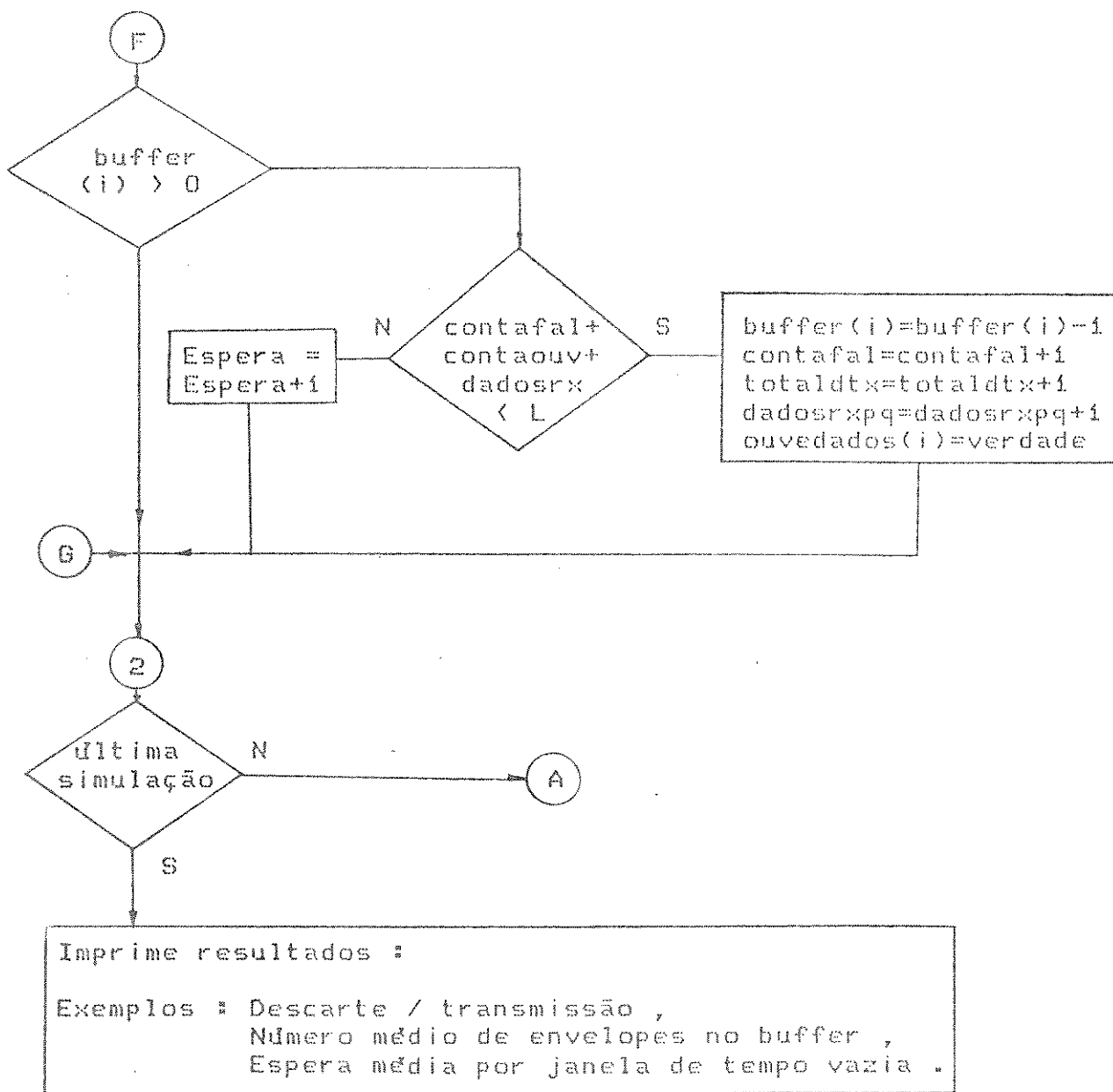


Figura 4.8 - Continuação 5 . Verificação das esperas para os envelopes de dados e saída dos resultados .

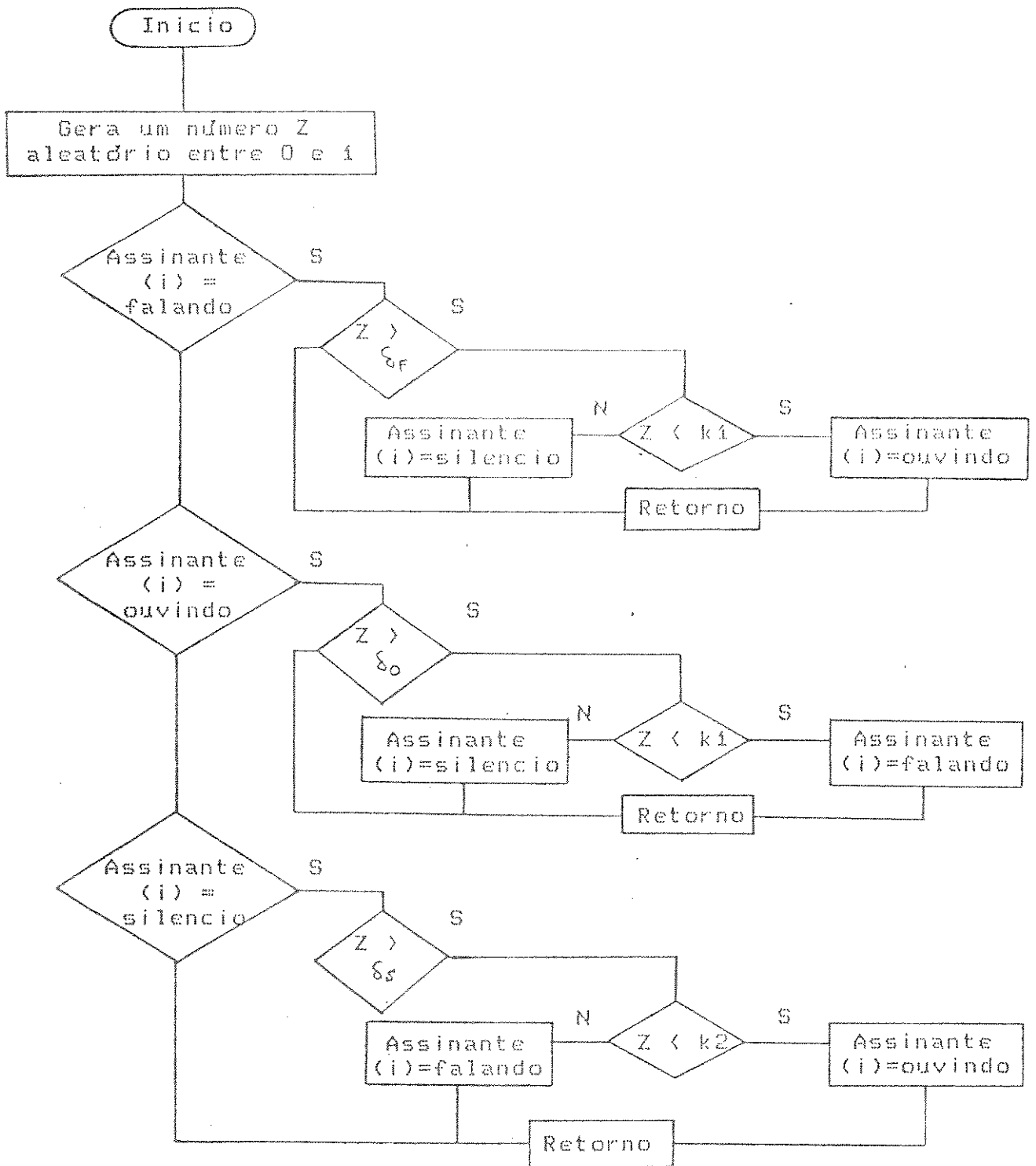


Figura 4.8 - Continuação 6 . Procedure Falaouvsil para alternar estados falando, ouvindo e silêncio dos assinantes de voz .

Na figura 4.9 traçamos a percentagem de descarte , considerando $N = 20$, $L = 7$ e $\alpha_v = 0,1$ em função de λ_d (ou percentagem $q * 100$ de tráfego de dados) para as estratégias a) e b) .

Para os sinais de dados analisamos o comportamento do tráfego misto pelo atraso , que obtemos via teorema de Little .

$$E(N) = \lambda_d * E(T)$$

no caso

$$\lambda_d = q * \alpha_v * \beta \quad \frac{\text{envelopes}}{\text{(assinante * quadro)}}$$

e $E(N)$ é obtido pela simulação .

A figura 4.10 apresenta os atrasos médios dos envelopes de dados também para as duas estratégias de encaminhamento dos envelopes de dados . Caso não ocorra espera o atraso médio será função do número de envelopes K que cada assinante de dados recebe por vez que é ativado .

Verificamos que a estratégia a) leva a menores probabilidades de descarte e a maior atraso médio dos envelopes de dados que a estratégia b) , conforme era esperado . Depende então do objetivo do projeto a escolha entre as duas estratégias propostas .

Probabilidade
de descarte

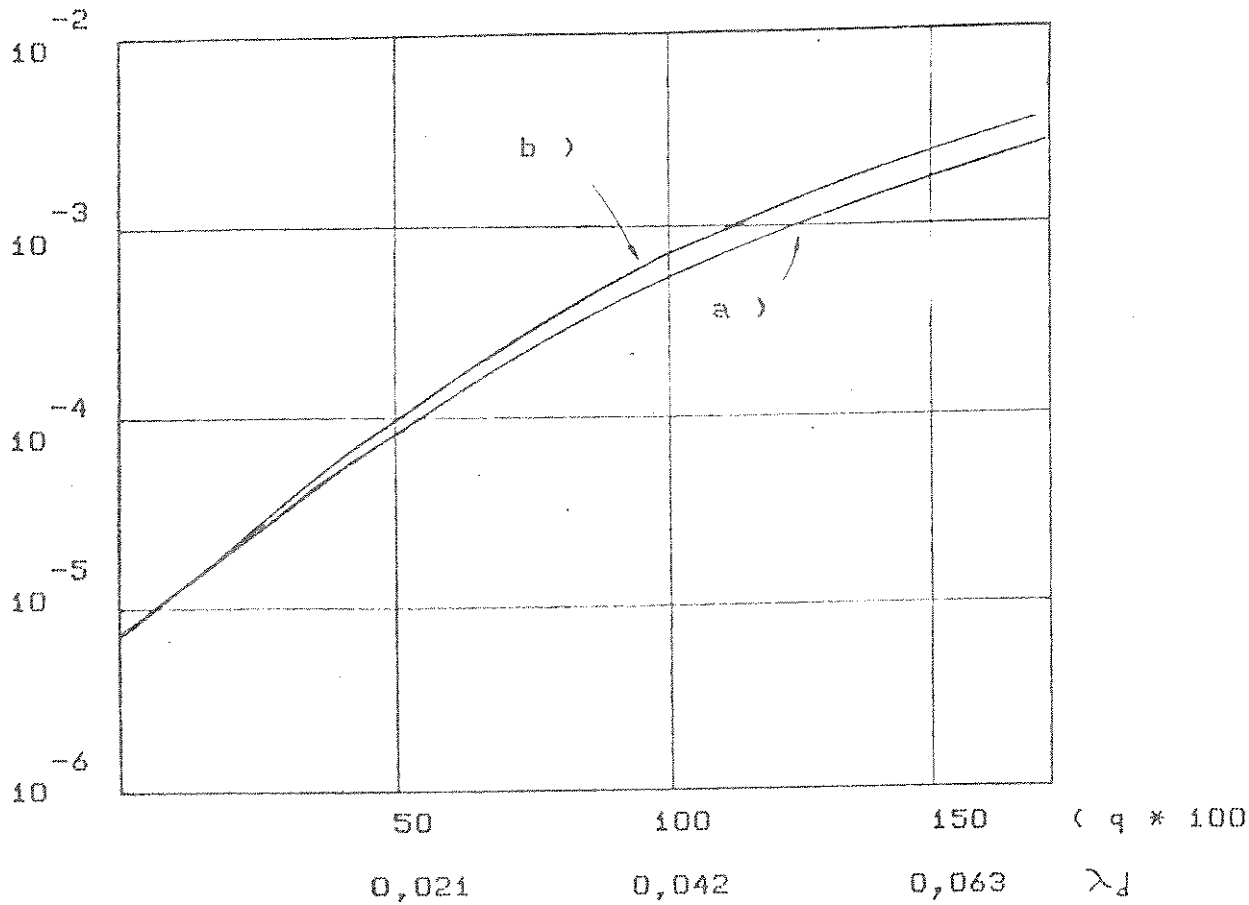


Figura 4.9 - Probabilidade de descarte de envelopes de voz para $N = 20$, $L = 7$ e $\alpha_V = 0,1$ em relação ao tráfego de dados .

$E(T)$
 Atraso médio em
 número de quadros
 simulados .

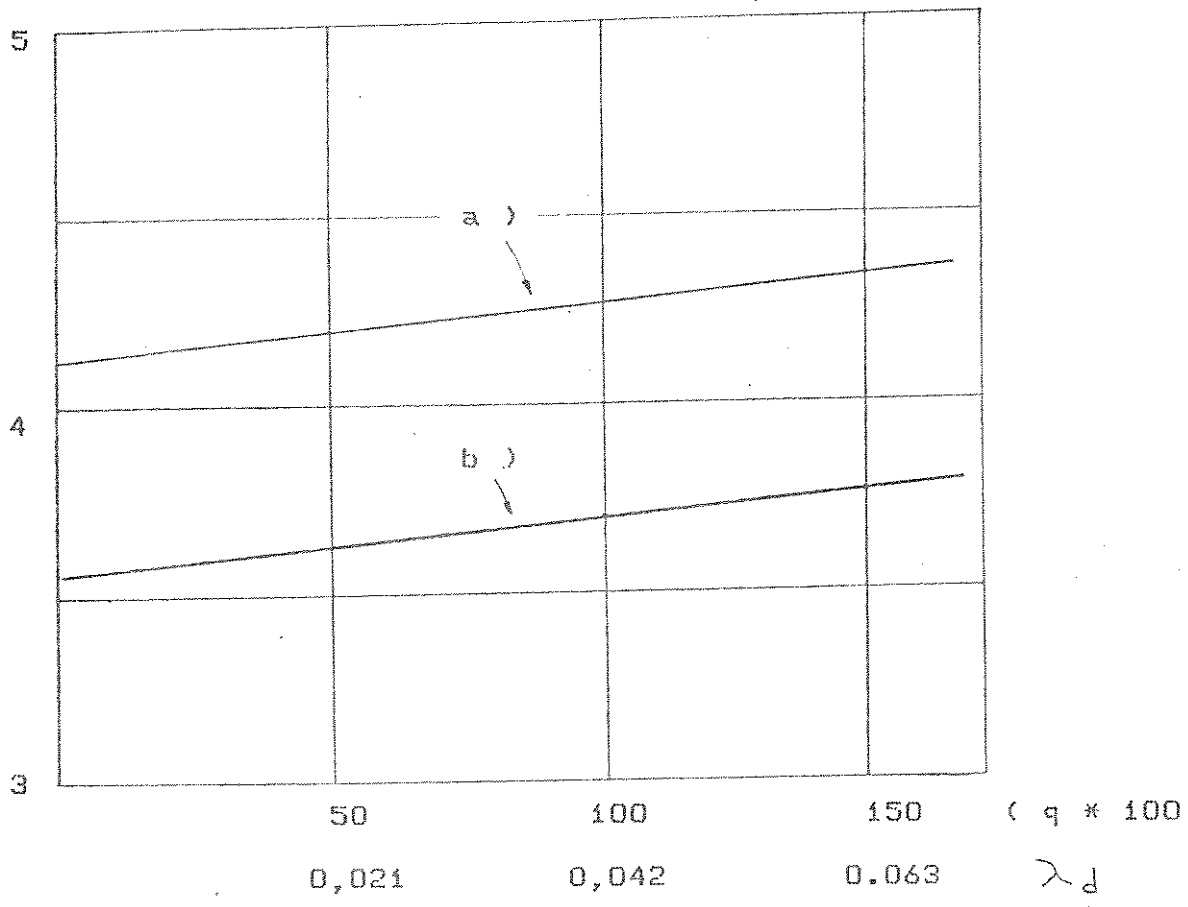


Figura 4.10 - Atraso médio dos envelopes de dados para $N = 20$, $L = 7$ e $\alpha_v = 0,1$ em relação ao tráfego de dados .

Para projetarmos uma central de comutação de envelopes da forma como foi proposta precisamos conhecer a priori a taxa de ocorrência de chamadas de voz e a percentagem q de tráfego de dados em relação ao tráfego de voz esperado. É necessário também definir qual a máxima probabilidade de descarte Pd tolerável pelos assinantes de voz.

Com estes valores obtemos, pela simulação, o mínimo valor de L (janelas temporais) necessário.

Recorrendo à seção 3.3 onde estabelecemos a relação que determina o overhead de bits de controle no quadro, temos :

$$\text{Overhead} = \frac{S_q + L * (S_j + B_c)}{L * m * 8}$$

Sendo Bc os bits de endereço acrescido de 1 (um) bit para designação dos envelopes de sinalização. Portanto Bc será igual ao primeiro inteiro superior a $1 + \log_2 N$.

Considerando um valor de overhead razoável poderemos então calcular o valor do número de amostras de voz m a serem incluídas em cada envelope de voz, pela fórmula :

$$m = \frac{S_q + L * (S_j + B_c)}{L * \text{Overhead} * 8}$$

Conhecendo-se todas as variáveis acima podemos usar a relação :

$$L \leq \frac{m * (f_b / f_a) - 8}{8 + B_c + 8 * m}$$

também desenvolvida na seção 3.3 que modificada para fornecer a frequência de operação da linha, f_b , em função dos outros parâmetros dá :

$$f_b \geq L * (8 + B_c + 8 * m) + 8 * f_a / m$$

Exemplificando o projeto vamos usar os dados utilizados na figura 4.9, ou seja, $N = 20$ e $L = 7$. Vamos supor que a máxima taxa admissível para P_d é de 0,001 e que o máximo tráfego de dados se iguala ao de voz. O valor de B_c será o primeiro inteiro maior que $1 + \log_2 20$. Portanto $B_c = 6$ bits.

Considerando um overhead de bits de controle no quadro de 0,1 (ou 10 %) calculamos m :

$$m = \frac{8 + 7 * (8 + 6)}{8 * 0,1 * 7} = 18,9$$

Portanto $m = 19$

Finalmente :

$$fb \geq 7 * (8 + 6 + 8 * 19) + 8 * 8000 / 19$$

$$fb \geq 492,632 \text{ Kbps}$$

4.4 - Conclusão

Propuzemos o modelamento do multiplexador , com sinais apenas de voz , como sendo uma distribuição binomial . Este modelamento foi comparado com resultados de simulações e se mostrou adequado .Se a intenção de projeto for uma central de comutação de voz pode-se estabelecer o número de janelas do quadro em função do número de assinantes N a atender e da probabilidade de descarte P_d sem recorrer a simulação .

Para sinais de voz e dados foi desenvolvido apenas o programa de simulação , o qual fornece a percentagem de descartes em função do número de janelas temporais L , de assinantes integrados N , da taxa média de ocorrência de chamadas telefônicas e da percentagem de tráfego de dados em relação ao tráfego de voz . O programa fornece também o número médio de envelopes de dados no buffer .

Fica estabelecido então a condição de se projetar o multiplexador com sinais de voz e dados , bastando fixar N , λ_v e q , variando L até obter a probabilidade de descarte P_d e o atraso médio dos envelopes de dados $E(T)$ desejados . Este atraso é calculado pelo teorema de Little através do número médio de envelopes no buffer $E(N)$ e da taxa média de chegadas de envelopes de dados por quadro .

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

Neste trabalho apresentamos no capítulo 1 um breve histórico das centrais telefônicas, desde as primeiras centrais manuais até as modernas centrais digitais com controle por programa armazenado.

No capítulo 2 descrevemos os principais elementos de uma central telefônica sob o ponto de vista de uma central digital. Comentamos as funções de controle e as vantagens de sua estruturação de forma distribuída, possibilitando uma degradação suave das funções da central quando da ocorrência de falha.

No capítulo 3 apresentamos uma variação da arquitetura de comutação híbrida introduzida por [9] visando a comutação de sinais de voz e de dados. Julgamos ser econômica a central proposta por ser relativamente simples, podendo ser implementada usando poucos componentes.

No capítulo 4 efetuamos um estudo do multiplexador utilizado pela central considerando apenas sinais de voz e também para sinais de voz e de dados.

Quando consideramos apenas sinais de voz fizemos um estudo teórico e um programa de simulação, que apresentaram aproximadamente o mesmo resultado.

Ao considerarmos também os sinais de dados efetuamos apenas um programa de simulação. Ficou estabelecido então a

condição de se projetar o multiplexador com sinais de voz e de dados para atender uma quantidade de assinantes N , uma taxa de chamadas de voz λ e a um tráfego de dados em relação ao de voz q . Executando o programa simulador para os dados anteriores e para diferentes valores de janelas temporais L obtem-se a probabilidade de descarte dos envelopes de voz P_d e o atraso médio dos envelopes de dados $E\langle T \rangle$.

A implementação prática deste projeto será objeto de trabalhos futuros. Fica também para trabalho futuro o estudo da influencia de P_d na inteligibilidade da comunicação de voz.

6 - REFERÊNCIAS

- [1] R.A.Bruce, P.K.Giloth, and E.H.Siegel, Jr.
N.4 ESS - Evolution of a Digital Switching System
IEEE Transation on Comunications
Vol.Com-27 n.7 July 1979 .
- [2] Kasson, J.M.
Survey of Digital PBX Design
IEEE Transactions on Comunications
Vol.Com-27 n.7 July 1979 .
- [3] Purba , Amano , Shobatake , Aisor
A VLSI Switch for a Digital PBX
The Transactions of the IECE of Japan
Vol.E 65 n.7 July 1986
- [4] Tropico R - Central Local / Tandem Digital do Sistema Trópico .
Publicação do CPqD Telebrás 1985 - Campinas .
- [5] Pfister G. M. and O'Brien B.V.
Comparing de CBX to the Local Network - and the Winner is ?
Data Comunications - July 1982 .
- [6] J.P.Behr et al.
System Concept of a PABX Integrating Voice and Data .
ICC - 1984
- [7] S.Motoyama , T.Yamagami , T.Saito and H.Inose
An Envelope Voice System for Subscriber Loop Multiplexing .
Transactions of IECEJ, Vol.E64, n.7, July 1981 .
- [8] Michael S. Nakhla , David H.A.Black
Analysis of a TASI System Employing Speech Storage .
IEEE Transactions on Comunications
Vol Com-30 , n.4 , April 1982 .
- [9] Shusaburo Motoyama
An Envelope Switching System For Integrated Service Digital Networks .
Tese de Doutorado , Tokyo University , 1982

7 - APENDICE

Programa de simulação do anel multiplexador para sinais de voz e de dados (Estratégia a) .

```
program SIMULA ;
```

```
(* ESTRATEGIA a ) DE DADOS *)
```

```
const
```

```
n = 20 ; (* Numero de assinantes integrados no anel *)
gamma = 0.42 ; (* Taxa de assinantes que estao falando *)
delta = 0.84 ; (* Taxa de assinantes que estao ouvindo *)
alfavoz = 0.1 ; (* Taxa de chegada de chamada de voz *)
P = 1.0 ; (* Relacao de trafego dados / voz *)
k = 6 ; (* Numero de pacotes por ativacao de dados *)
L = 7 ; (* Numero de janelas temporais por quadro *)
```

```
Type estados = (fal,ouv,sil,inativo);
```

```
Var assinante : array (.0..n.) of estados;
buffer : array (.0..n.) of integer;
ouvedados : array (.0..n.) of boolean;
```

```
contauv,contafal , i , j , m ,
dadosrx,dadosrxpq,maxbuffer,simulacao : integer;
```

```
tota,totf,totaldtx,totalesp,totaldados,
alfavoz1,alfavoz2,alfadados,totativ,
totfreeze,deltaF,delta0,deltaS,k1,k2,a,pmq : real;
```

```
procedure falaouvsil;
```

```
(* Para atribuir a um assinante de voz ativo um dos estados
da simulacao : falando , ouvindo e silencio . *)
```

```
begin
```

```
a := random;
case assinante (.i.) of
  fal : if a > deltaF
        then
            if a < k1
            then
                assinante (.i.) := ouv
            else
                assinante (.i.) := sil;
  ouv : if a > delta0
        then
            if a < k1
            then
                assinante (.i.) := fal
            else
                assinante (.i.) := sil;
  sil : if a > deltaS
        then
            if a < k2
            then
                assinante (.i.) := fal
            else
                assinante (.i.) := ouv
        end
```

```
end;
```

```

* Inicio do programa principal *)

egin
alfavozi := alfavoz / 3;
alfavoz2 := alfavozi * 2;

* Geracao do cabeçalho do relatorio de ass. de voz

writeln (1st, '
                                Universidade Estadual de Campinas');
writeln (1st);
write (1st, 'Professor Orientador : Dr. Shusaburo Motoyama');
writeln (1st, ' Aluno : Wilmar Alves C. de Lima');
writeln (1st);
writeln (1st, ' Alfa = ', alfavoz:5:4, ' Simulacoes por linha do r
torio = 30.000 ');
writeln (1st);
writeln (1st, '
                                E S T R A T E G I A a ) D E D A D O S');
writeln (1st);
writeln (1st, ' N L %Dados At.voz Desc Desc/ativ ',
' At.dados Espera Maxbuf Buffmed');
writeln (1st);

*)

* Calculo de alfadados *)

alfadados := P * alfavoz * gama * n / K ;

* Inicializacao de variaveis *)

pmq := N / ( 1000 * ( 1 - alfavoz ) );
deltaF := 1 - 180 / 1200;
delta0 := deltaF;
deltaS := 1 - 180 / 457;
k1 := 0.5 + deltaF / 2;
k2 := 0.5 + deltaS / 2;
m := n - 1;
for i := 0 to m do
begin
buffer (.i.) := 0;
ouvedados (.i.) := false;
assinante (.i.) := inativo;
end;
simulacao := 0;
totativ := 0;
totfreeze := 0;
contaouv := 0;
dadosrxpq := 0;
totaldados := 0;
totalesp := 0;
totaldtx := 0;
maxbuffer := 0;

```

```

*)
* Preparacao do quadro de voz
for j := 1 to round ( n * alfavoz ) do
begin
  i := trunc ( n * random );
  a := random;
  if a < 0.3333
  then
    assinante (.i.) := fal
  else
    begin
      if a < 0.6666
      then
        assinante (.i.) := ouv
      else
        assinante (.i.) := sil
    end
end;

```

```

*)
* Preparacao do quadro de dados
for j := 1 to round ( n * alfadados ) do
begin
  i := trunc ( n * random );
  buffer (.i.) := buffer (.i.) + k;
end;

```

```

*)
* SIMULACAO
repeat
  simulacao := simulacao + 1;

```

```

*)
* Procedimento para mudanca no quadro de voz
if random < pmq
then
  begin
    i := trunc ( n * random );
    a := random;
    if a < alfavoz
    then
      if a < alfavozi
      then
        assinante (.i.) := fal
      else
        if a < alfavoz2
        then
          assinante (.i.) := ouv
        else
          assinante (.i.) := sil
      else
        assinante (.i.) := inativo
    end
end;

```

```

*) Procedimento para mudanca no quadro de dados *)
a := random;
if random < alfadados
then
begin
i := trunc ( n * a );
buffer (.i.) := buffer (.i.) + k;
if buffer (.i.) > maxbuffer
then
maxbuffer := buffer (.i.)
end;

*) Inicializa contadores *)
contafal := 0;
dadosrx := dadosrxpq;
dadosrxpq := 0;

*) Conta assinantes ouvindo no quadro e soma totaldados *)
*) Altera condicao dos assinantes ativos :
falandou,ouvindo,silencio *)

for i := 0 to m do
begin
if assinante (.i.) <> inativo
then
falaouvsil;

if assinante (.i.) = ouv
then
contaouv := contaouv + 1;

totaldados := totaldados + buffer (.i.)

end;

```


* Verifica condicao de descarte no quadro *)

```
for i := 0 to m do
  begin
    if ouvedados (.i.)
      then
        begin
          dadosrx := dadosrx - 1;
          ouvedados (.i.) := false
        end;
    case assinante (.i.) of
      fal : begin
          totativ := totativ + 1;
          if ( contafal + contaouv + dadosrx ) < L
            then
              (* Transmite um pacote de voz *)
              contafal := contafal + 1
            else
              (* Ocorre descarte de um pacote de voz *)
              totfreeze := totfreeze + 1;
          if buffer (.i.) > 0
            then
              (* Pacote de dados espera outro quadro *)
              totalesp := totalesp + 1
            end;
        ouv : begin
          contaouv := contaouv - 1;
          if buffer (.i.) > 0
            then
              if ( contafal + contaouv + dadosrx ) < L
                then
                  (* Transmite um pacote de dados *)
                  begin
                    contafal := contafal + 1;
                    buffer (.i.) := buffer (.i.) - 1;
                    totaldtx := totaldtx + 1;
                    ouvedados (.i.) := true;
                    dadosrxpq := dadosrxpq + 1;
                  end
                else
                  (* Pacote de dados espera outro quadro *)
                  totalesp := totalesp + 1;
            end;
        end;
  end;
```

```

else if buffer (.i.) > 0
  then
    if ( contafal + contaouv + dadosrx ) < L
      then

        (* Transmite um pacote de dados *)

        begin
          contafal := contafal + 1;
          buffer (.i.) := buffer (.i.) - 1;
          totaldtx := totaldtx + 1;
          ouvedados (.i.) := true;
          dadosrxpq := dadosrxpq + 1;
        end
      else

        (* Pacote de dados espera outro quadro *)

        totalesp := totalesp + 1;

    end;
end;

```

```
until simulacao >= 30000;
```

```
* Resumo geral da simulacao *)
```

```

writeln (1st,n:3,' ',1:2,' ',P*100:3:0,' ',totativ/n:6:1,' ',totfreeze
6:2,' ',
totfreeze/totativ:10:8,' ',totaldtx/n:6:1,' ',totalesp/n:6:1,
',maxbuffer:3,' ',totaldados/n/simulacao:7:3);

```

```
end.
```