

CAPÍTULO 2

ARQUITETURA SDH

2.1. Introdução

A estrutura de quadro é a essência do SDH e da transmissão digital síncrona, porque todas as características que distinguem o SDH tais como: taxa de transmissão, o conceito de camada, a sincronização via ponteiros são incorporadas no quadro STM-N. Esta estrutura de quadro é formada fora dos tributários digitais; através do processo de multiplexação síncrona. Na tecnologia SDH é definida uma estrutura básica de transporte de informação denominado de Módulo de Transporte Síncrono-1 (“*Synchronous Transport Module 1 - STM-1*”) com taxa de 155,52 Mbit/s. Esta estrutura define o primeiro nível da hierarquia. O sinal STM-1 é a taxa de bit mais baixa fornecida para transmissão de linha na hierarquia síncrona. Neste capítulo são examinados a organização dos quadros e os vários fundamentos da multiplexação síncrona da SDH.

2.2. Estrutura de quadro

O quadro STM-1 é composto de 2430 bytes e é mostrado, normalmente, no formato de duas dimensões, por 9 linhas com 270 bytes (ver figura 2.1). A duração do quadro é 125 μ s, corresponde a uma frequência de repetição de quadro de 8000 Hz. A capacidade de transmissão de um único byte dentro do quadro é de 64 Kbit/s.

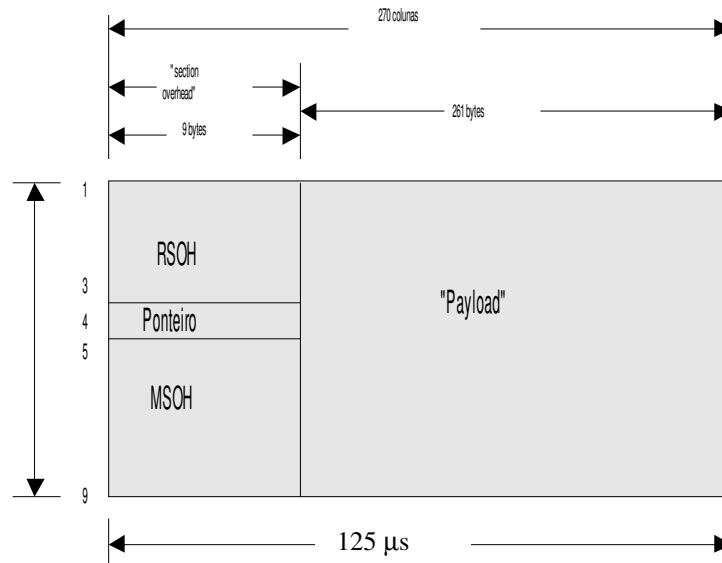


Figura 2.1 Estrutura de quadro do STM-1

Como pode ser observado na figura 2.2 abaixo, os bytes individuais no quadro STM-1 são transferidos linha-a-linha, iniciando com a primeira linha e primeira coluna. Deste modo os 9 bytes de cada linha do *section overhead* (RSOH e MSOH) e do ponteiro seguidos por 261 bytes do *payload* são transmitidos em alternância. Transmitidos da esquerda para direita e de cima para baixo.

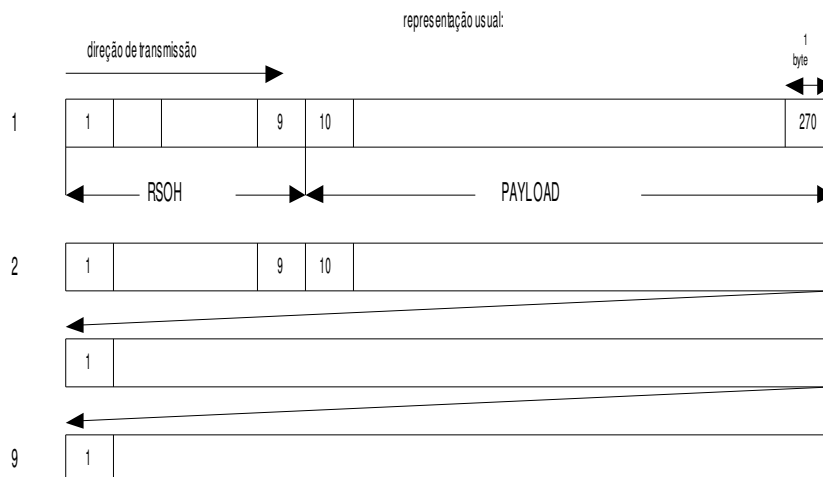


Figura 2.2: Representação da transmissão do quadro STM-1

OVERHEAD DE SEÇÃO (SOH)

O bloco SOH de 8 x 9 bytes inclui os bytes necessários para serviço, por exemplo, palavra de sincronismo de quadro, bytes adicionais para supervisão, gerenciamento e controle. Uma diferenciação é feita entre o *overhead* de seção de regeneração (RSOH) e o *overhead* de seção multiplex (MSOH). Ver figura 2.1

PAYLOAD (carga útil)

De acordo com a recomendação G.703 do ITU-T, os sinais dos tributários PDH de 2, 34 e 140 Mbit/s - são transportados na área de *payload* de 9 x 261 bytes. Estes sinais são intercalados no bloco STM-1 em conformidade com uma especificação definida. Ver figura 2.1.

PONTEIRO

É um conjunto de bytes que tem por função gravar a relação de fase entre o *payload* e o quadro STM-1, permitindo assim a localização dos sinais tributários dentro do bloco do *payload*. Então, após a interpretação do ponteiro é possível acessar um único canal de usuário a qualquer momento sem que seja necessário demultiplexar completamente o sinal STM-1.

Uma outra função do ponteiro é realizar a justificação de bytes. Caso haja uma diferença de frequência entre dois sinais SDH o ponteiro os ajusta a cada quatro quadros, tendo o seu valor decrementado indicando justificação negativa ou incrementado indicando justificação positiva. O ponteiro está localizado na linha 4 e colunas de 1 a 9 como pode ser observado na figura 2.1

STM-N (Módulo de Transporte Síncrono Nível N)

Os sinais multiplex SDH com taxas de bit mais elevadas são obtidos através da multiplexação byte-a-byte de vários sinais STM-1.

Através do entrelaçamento de bytes de $N \times \text{STM-1}$, um STM-N (módulo de transportes síncrono nível N) é obtido (ver figura 2.3). A taxa de bit do sinal multiplex STM-N é exatamente $N \times 155 \text{ bits/s}$, onde N é um número inteiro e igual a 4, 16 ou 64 para os sistemas definidos.

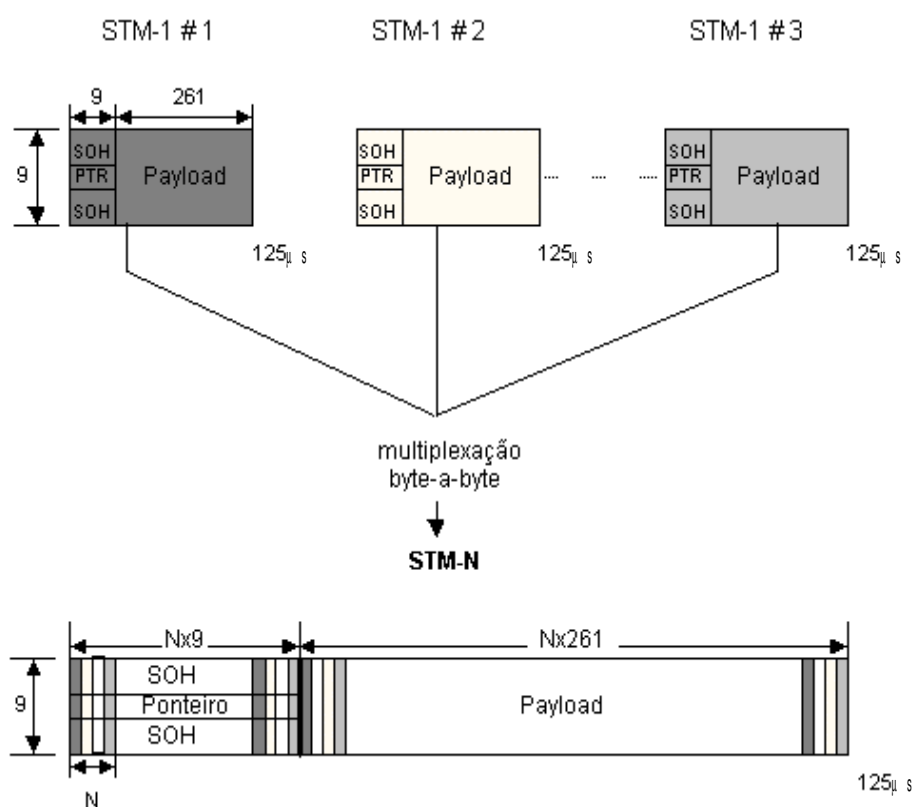


Figura 2.3: Hierarquia Síncrona: quadro de transmissão para hierarquias de ordem superior STM-N.

Os níveis multiplex 4,16 e 64 são fornecidos por :

STM-4 $4 \times 155 \text{ Mbit/s} = 622,08 \text{ Mbit/s}$

STM-16 $16 \times 155,52 = 2,48832 \text{ Gbit/s}$

STM-64

$$64 \times 155,52 = 10 \text{ Gbit/s}$$

O quadro STM-N é estruturalmente idêntico ao quadro STM-1, a diferença é que a matriz agora transporta $N \times 9 \times 270$ bytes dentro da duração do quadro de 125 μs .

Os N sinais fundamentais são intercalados byte-a-byte de tal modo que os três blocos SOH, *payload* e ponteiro são construídos como antes.

Abaixo é mostrada os blocos funcionais de um STM-1:

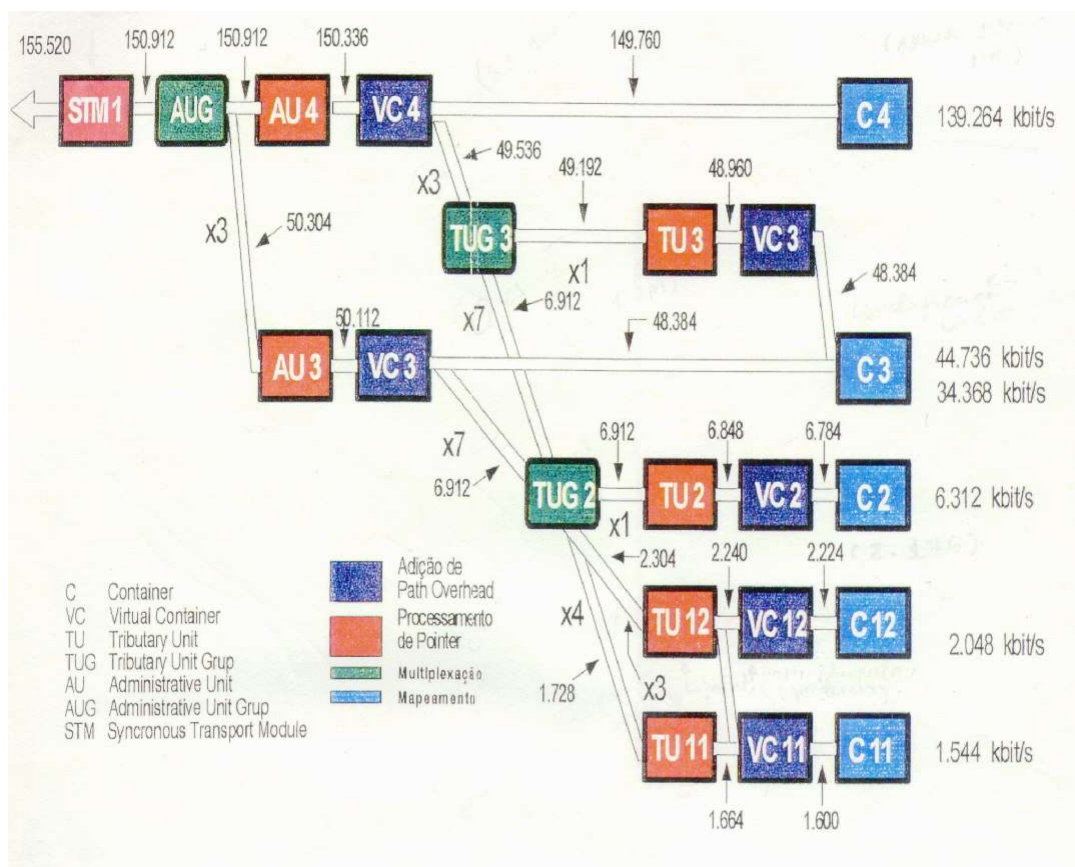


Figura 2.4 Hierarquia Síncrona-Estrutura de Multiplexação

CONTAINER - C

Como pode-se observar na figura 2.4, os blocos funcionais em azul claro são denominados de *container* (este termo descreve uma capacidade de transmissão sincronizada de uma rede definida). Sua função é adaptar os tributários PDH (2M, 34M e

140M), ou seja, sincronizá-los. Esta adaptação na rede SDH é feita através do mapeamento (processo pelo qual se tem uma taxa fixa na saída do *container* através de um arranjo fixo de bits) do sinal tributário no *container* síncrono. Se o sinal tributário é plesiócrono (PDH) ou assíncrono (ATM), o processo de mapeamento inclui justificação de bit ou byte. Assim o tributário de 2048 Kbits/s é mapeado no *container* C-12, o tributário de 34.368 Kbits/s é mapeado no C-3 e o tributário de 139.264 Kbits/s é mapeado no C-4.

O *container* inclui:

- Pura informação de tributário (por ex., sinal PDH).
- Bytes e bits fixos para enchimento (enchimento fixo) para um alinhamento de temporização aproximado. Estes bytes (ou bits) estão sempre sem conteúdo de informação e são utilizados para igualar aproximadamente a taxa de bit do sinal PDH à taxa de bit maior do *container*. O alinhamento da taxa de bit exata é posteriormente desempenhado apenas com bits de oportunidade de justificação.
- Bits de oportunidade de justificação para um alinhamento de temporização exato.
- Bits de controle de justificação para notificar ao receptor se o bit de oportunidade de justificação é um bit de informação ou bit de enchimento.

VIRTUAL CONTAINER - VC

Quando se adiciona ao *container* um *overhead* de via (POH), ele se torna um *virtual container*. (ver a figura 2.5)

O POH é formado por bytes que carregam informação de supervisão e manutenção de um caminho roteado na rede. O POH carrega informações suplementares assegurando a confiança no transporte do *container* da origem até o destino do sinal. Ele é inserido no início do caminho quando o VC é configurado e interpretado no final do caminho quando o *container* é aberto. Existem VCs de ordem superior (HO=VC-4 e VC-3) e de ordem inferior (LO= VC-12, VC-2, VC-11 e VC-3) como pode ser observado na figura 2.4. Os de ordem inferior são intercalados em VCs de ordem superior para serem transmitidos, porém os de ordem superior são transmitidos diretamente dentro do quadro STM-1.

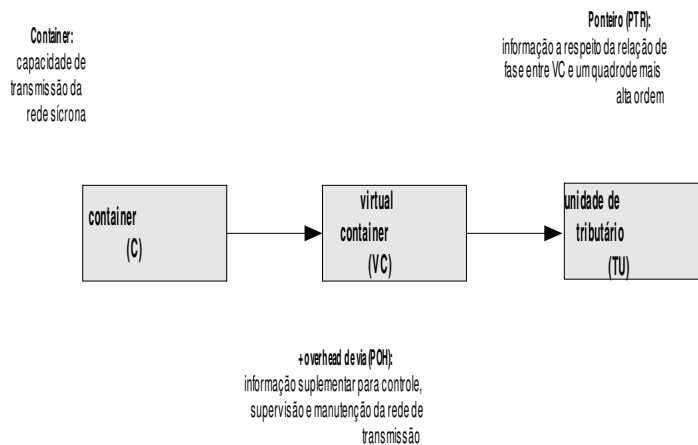


Figura 2.5 Incorporações de sinais PDH em um quadro STM-N

UNIDADE DE TRIBUTÁRIO - TU

Conforme a figura 2.4, “*Tributary Unit-TU*” é uma estrutura de informação que proporciona adaptação entre o *virtual container* de ordem inferior e o *virtual container* de ordem superior, ou seja, com exceção do VC-4 todos os outros VCs de baixa ordem (VC-12, VC-2, VC-3 e VC-11) podem ser intercalados em um VC de ordem superior. É justamente aí que adicionam-se os ponteiros, para estabelecer a relação de fase entre os dois VCs. Podendo então o VC de baixa ordem flutuar em termos de fase dentro do VC mais alta ordem. O ponteiro sempre vai “apontar” para o primeiro byte do POH do VC, mesmo que haja flutuação o ponteiro será ajustado e indicará a posição correta do VC.

UNIDADE DE TRIBUTÁRIO DE GRUPO - TUG

Antes de serem intercalados em um *container* de mais alta ordem os Tus são combinados em um grande grupo, ou seja, multiplexados byte-a-byte. Tal grupo é denominado de TUG (Unidade de Tributário de Grupo), onde têm-se o TUG-2 podendo entrelaçar até 3 feixes de 2M e o TUG-3 que entrelaça 7 TUG-2 ou 21 feixes de 2M (7x3). Como pode ser observado na figura 2.4.

UNIDADE ADMINISTRATIVA - AU

É onde adicionam-se os ponteiros do VC-4 ou do VC-3. Onde estes são transmitidos diretamente no quadro STM-1, ou seja, sem intercalação com outros VCs. Neste caso, os ponteiros (AU-4 E AU-3) gravam a relação entre o quadro e o respectivo *virtual container*. É importante salientar que há dois caminhos para o VC-3: um usando o AU-3 como foi descrito acima e a outra através do TU-3; como pode ser visto na figura 2.4.

UNIDADE ADMINISTRATIVA DE GRUPO - AUG

É onde ocorre a multiplexação byte-a-byte dos vários AUs. A AUG é uma estrutura de quadro sincronizada correspondendo ao STM-1 sem SOH, se o SOH (*overhead* de seção) for adicionado ao AUG, um STM-1 é produzido. Uma AUG pode ser composta tanto por 1xAU-4 como por 3xAU-3. Ver figura 2.4.

2.3. OVERHEAD

Funções do *overhead*

As funções dos canais de *overhead* incluem:

- Formação do quadro
- Monitoração de estado
- Monitoração de erro
- Localização de erro
- Funções de manutenção
- Funções de controle

A estrutura do quadro STM-1 ou STM-N é tal que o *overhead* sempre se mantém como uma entidade separada da informação útil. A vantagem deste arranjo é que os bytes individuais do *overhead* podem ser extraídos, alterados ou adicionados em qualquer tempo

sem que o sinal isolado tenha que ser demultiplexado primeiro. Uma diferença é feita entre o *overhead* de seção (SOH) e o *overhead* de via (POH).

2.3.1. *Overhead* de Seção (SOH)

O bloco do SOH é composto de oito linhas com nove colunas. Os primeiros nove bytes das linhas 1 a 3 respectivamente, contém o RSOH (*Overhead* de Seção de Regeneração). Os primeiros nove bytes das linhas 5 a 9 contém o MSOH (*Overhead* de Seção de Multiplex). Os primeiros nove bytes da quarta linha são utilizados pelos ponteiros e não fazem parte do SOH.

Agora, descrever-se-á os bytes que compõe o SOH. Através da figura 2.6 pode-se observar a estrutura do SOH:

A1	A1	Framing A1	A2	A2	A2	J0	○	○	RSOH
BP-8 B1	X	X	canal de serviço E1	X	X	canal de operador F1	○	○	
DCC D1	R	X	DCC D2	R	X	DCC D3	R	X	
Ponteiro AU									MSOH
B2	BP-24 B2	B2	APS K1	X	X	APS K2	X	X	
DCC D4	M	X	DCC D5	M	X	DCC D6	M	X	
DCC D7	M	X	DCC D8	M	X	DCC D9	M	X	
DCC D10	M	X	DCC D11	M	X	DCC D12	M	X	
S1	Z1	Z1	Z2	Z2	M1	canal de serviço E2	○	○	

X reservado para uso nacional

○ reservado para futuros fins de padronização

Figura 2.6: Estrutura do *Overhead* de Seção (SOH) do STM-1

a) Bytes A1 e A2

Esses bytes tem por finalidade o alinhamento de quadro, ou seja, são reservados para a transmissão da informação de início de quadro, denominada palavra de alinhamento de quadro (PAQ). Através de um algoritmo de identificação e confirmação da PAQ, o receptor pode identificar o início do quadro STM-N. Sendo o estado dos bytes dados por: A1= 11110110 e A2= 00101000. Ver figura 2.6.

b) Bytes D1 a D12

São canais de comunicação de dados de monitoração e controle e são definidos como DCC (*Data Communication Channel*). Sendo que há os DCCr (regeneradores) com capacidade de transmissão de 192 Kbits/s (D1 a D3), e os DCCm (multiplexadores) de 576 Kbits/s (D4 a D12). Na figura 2.7 pode-se observar o sistema operacional (OS) ligado ao controlador através da interface Q, permitindo o acesso aos canais DCCm e DCCr com a finalidade de gerenciar os GNE's e regeneradores; no link entre os GNE's trafegam tanto os DCCm's quanto os DCCr's. É através deles que se gerenciam os elementos de rede usando uma interface Q, usando-se a técnica da TMN (Rede de Gerenciamento de Telecomunicações). Dentro de uma rede SDH é possível para um ou mais elementos de rede (nós) serem equipados com uma interface Q fornecendo a conexão para um sistema de gerenciamento. Tais elementos de rede (por exemplo: multiplexadores) são definidos como elementos de rede *gateway* (GNE). A função do DCCr é retransmitir comandos de controle do GNE para os regeneradores e retransmitir ao GNE os dados obtidos nos regeneradores. Esta é a razão porque cada regenerador tem acesso ao DCCr. O DCCm fornece a conexão dos dados de comunicação entre o GNE e aqueles multiplexadores que tem acesso ao DCCm.

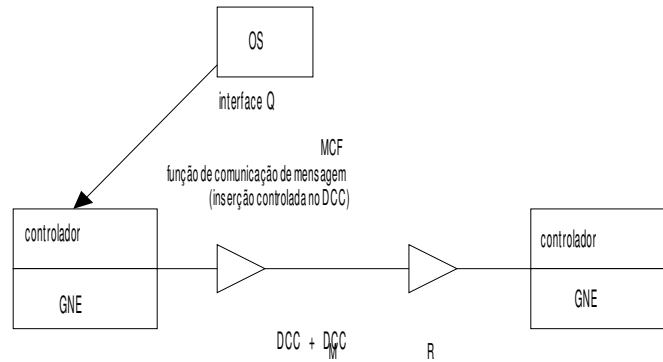


Figura 2.7: Canais de comunicação de dados DCC

c) Byte J0

É denominado *Trace* (trilha) da seção de regeneração. Seu uso entre duas operadoras de rede deve ter concordância mútua. O conteúdo deste byte está em estudo.

d) Bytes E1 e E2

São canais de serviço, usados para prover comunicação de voz, por exemplo, para transmissão entre regeneradores (E1) ou entre multiplexadores (E2). E1 é parte do RSOH e pode ser acessado nos regeneradores. E2 é parte do MSOH e pode ser acessado nas terminações da seção de multiplexação.

e) Byte F1

Reservado para uso das empresas operadoras. Ele pode ser utilizado para verificar funções específicas da rede.

f) Byte B1: BIP-8

Byte utilizado para monitoração de erros na seção de regeneração. Esta monitoração é feita usando o código BIP-8 (*Bit Interleaved Parity – 8*), que é um código de 8 bits usando paridade par. O BIP-8 é calculado sobre todos os bits do quadro STM-N.

g) Byte B2: BIP-Nx24

Byte utilizado na monitoração de erro na seção de multiplexação. Essa monitoração é feita utilizando-se o código BIP- Nx24 com paridade par. A aplicação do procedimento BIP-24 produz uma palavra de código de 24 bits (3 bytes) que são inseridos na posição do byte B2 de cada sinal STM-1. É calculado sobre todos os bits do quadro STM-N, exceto para as três primeiras linhas do SOH.

h) Bytes S1

Os bits 5 a 8 do byte Z1 são alocados para mensagens de estado de sincronização.

i) Bytes K1 e K2

Os bits de 1 a 5 dos bytes K1 e K2 servem para sinalizar uma comutação automática de proteção. No caso de falha os multiplexadores em ambas as pontas de linha devem comutar especificamente para o canal reserva, a notificação de comutação é feita através dos bytes K.

j) Bytes Z1 e Z2

Bytes reservados para funções ainda não definidas. Não deverão ser utilizados até que sejam definidos pelo órgão competente.

k) Byte M1

Indica erro remoto na seção de multiplexação. Este byte transporta a contagem (0 a N) dos blocos errados detectados pelo BIP - Nx24 (B2).

2.3.2. Overhead de via do VC-3 e VC-4 (POH)

O POH é adicionado ao *container* C. Juntos eles formam o *virtual container* VC que é transportado como uma entidade inalterada no caminho da rede. O POH contém toda a informação necessária para uma transmissão segura do *container*, tendo as seguintes funções:

- Monitoração de desempenho de via;
- Indicação de Status dos alarmes;
- Informações para manutenção;
- Indicação de estrutura de multiplexação (VC-3 ou VC-4).

DESCRIÇÃO DOS BYTES DO POH DO VC-3/VC-4

Overhead de caminho (POH) do VC-3 e VC-4:

J1	"Path trace"(indicador de caminho)
B3	"BIP-8"
C2	Signal label (identificador de sinal)
G1	"Path status" (estado de caminho)
F2	"Path user channel" (caminho de canal de usuário)
H4	"Multiframe indicator" (indicador de multiquadro)
Z3	Reservado
K3	comutação automática de proteção
Z5	Operador de rede

Figura 2.8: *Path Overhead (POH) do Virtual Container 3 e 4 (VC-3/VC-4)*

a) Byte J1

Este byte é utilizado para transmitir um indicador de caminho de 64 bytes , com um byte sendo transportado no byte J1 de cada quadro respectivo. A transmissão da mensagem é reiniciada após 64 quadros .Este indicador permite que seja monitorado o caminho de uma conexão , ou seja , se dois VCs forem trocados por qualquer motivo , o sistema gerará um alarme indicando um descasamento de identificador de trilha (TIM – *Trace Identifier Mismatch*). Isto é especialmente importante para o controle das conexões diretamente feitas em roteadores de conexão cruzada (*cross-conexion*). O byte J1 é o byte inicial dos container VC-4 e VC-3.

b) B3: BIP-8

É o byte para monitoração de erro de bit do caminho do VC. É gerado sobre todos os bits do *virtual container*.

c) Byte C2

O byte C2 é denominado de identificador de sinal (*Signal Label*), indicando o tipo de sinal que está sendo transmitido, como por exemplo se é um sinal de 2M, 34M ou 140M ou um sinal ATM. Se por acaso um sinal de 2M for trocado por exemplo com um sinal de ATM, será gerado um alarme de descasamento de identificador de sinal (SLM - *Signal Label Mismatch*).

d) Byte G1

É denominado *Path Status* (estado do caminho). É utilizado para retornar uma informação de falha do fim do caminho para o início, ou seja, retorna ao terminal gerador do VC-3/VC-4 o estado e o desempenho do sinal recebido pelo terminal remoto.

e) Bytes F2 e Z3

Estes bytes são definidos para fins de comunicação pelo fornecedor da rede. Não há atualmente uma especificação exata.

f) Byte H4

O byte H4 é um indicador de posição, ou seja, identifica quadros onde a informação útil (*payload*) é distribuído sobre vários multiquadros (por ex.: para transmissão de *containers* de mais baixa ordem).

g) Byte K3

Os bits de 1 a 4 do byte K3 estão alocados para sinalização da comutação automática de proteção da via de ordem superior. Os bits de 5 a 8 estão reservados para futura padronização internacional.

h) Byte Z5

É o byte do operador da rede, utilizado para propósitos específicos de gerenciamento. Para manutenção de conexões tipo “tandem”.

2.3.3. *Overhead* de via de VC-12/VC-11/VC-2.

O POH dos VCs de baixa ordem é chamado byte V5, sendo transmitido a cada 500 μ s cumprindo as seguintes funções:

- Monitoração de erro de bit
- Identificação do sinal
- Indicação do estado do caminho



BIP-2		REI	RFI*	L1	L2	L3	RDI
1	2	3	4	5	6	7	FERF 8

BIP-2 = monitoração de erro de bit REI= indicação de erro remoto (remote error indication)

RFI = indicação de falha remota (remote fail indication)

RDI = indicação de defeito remota (remote defect indication)

*- alocação provisória

Signal label	L1	L2	L3
não equipado	0	0	0
equipado não especificado	0	0	1
assíncrono, "floating"	0	1	0
síncrono a nível de bit, "floating"	0	1	1
síncrono a nível de byte, "floating"	1	0	0
equipado, não utilizado	1	0	1
	1	1	0
	1	1	1

Figura 2.9: *Overhead* de Via (POH) do *Virtual Container* (VC-12)

Descrição do byte V5 do POH:

- O bit 1 e o bit 2 são utilizados para monitoração de erro no caminho, um código BIP-2 de paridade par é utilizado.
- O bit 3 é uma indicação de falha, se houver sido detectados erros através do BIP-2, este bit é configurado para "1", caso contrário em "0" se nenhuma falha for detectada.
- O bit 4 é fixado em "1" se uma falha é declarada. Caso contrário, é fixado em zero, tem a mesma função do bit 8 (RDI) de carácter provisório.
- Os bits 5, 6 e 7: Contém um identificador de sinal.
- O bit 8 é chamado de RDI (Indicador de Falha Remota).

2.4. PONTEIROS

Uma das funções dos ponteiros existentes no sinal STM-N é indicar a posição dos VCs que transportam os tributários. Para que um VC possa ser localizado dentro de um sinal STM-N é necessário ler o valor do ponteiro. Os bytes do ponteiro tem uma posição conhecida no quadro e contém o endereço do primeiro byte do VC (primeiro byte do POH) dentro do quadro. O ponteiro também é utilizado para sincronização dos tributários e quadros de mais alta ordem; empacotado dentro do *virtual container*, o sinal do tributário pode ser transmitido com uma fase separada daquela do quadro. A relação de fase entre o quadro e o *virtual container* é registrada nos bytes do ponteiro, fazendo com que qualquer incidência de flutuações de fase ou de frequência possam ser compensadas através do alinhamento do valor do ponteiro em conjunto com uma justificação byte-a-byte positiva/nula/negativa.

A técnica do ponteiro permite que seja inserido ou retirado do sinal qualquer canal de forma isolada, sem que seja necessário demultiplexar completamente o sinal, bastando para tal interpretar o ponteiro.

TIPOS DE PONTEIROS

Existem 3 tipos de ponteiros :

- Ponteiro AU
- Ponteiro TU-3
- Ponteiro TU-1x/TU-2

2.4.1. Ponteiro AU

Através da figura 2.10 pode-se visualizar os bytes do ponteiro AU. Os bytes H1 e H2 indicam o valor do ponteiro (endereço do POH do *container*), possuem dígitos de

informação de justificação (dígitos indicadores que o valor do ponteiro vai ser ajustado) e também informam o tipo de ponteiro, se é um AU-3 ou um AU-4. O H3 é o byte de ação do ponteiro, pois faz a transmissão de informação em uma justificação negativa.

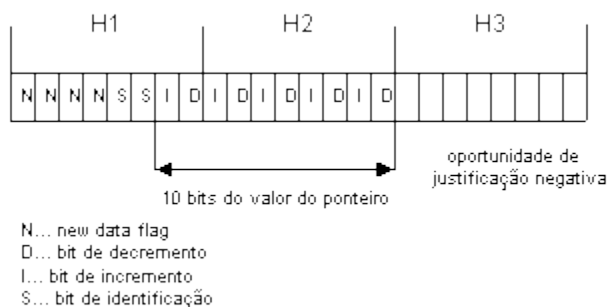


Figura 2.10: Ponteiro da Unidade Administrativa 3 e 4 (AU-3/AU-4)

O ponteiro de AU fornece um método de se conseguir um alinhamento flexível e dinâmico do VC de ordem superior dentro do quadro de AU. Alinhamento dinâmico significa que admite-se que o VC “flutue” dentro do quadro de AU. Assim o ponteiro está apto a acomodar diferenças de fase e de frequência entre o VC e a AU. Estas diferenças de fase e frequência são denominadas de “*offset*”. Na figura 2.11 tem-se o ponteiro AU-4 que guarda a relação de fase (*offset*) entre o quadro STM-1 e a posição do VC-4; os bytes do ponteiro indicam o endereço do 1º byte do VC-4 que pode ocupar as possíveis posições de 0 a 782.

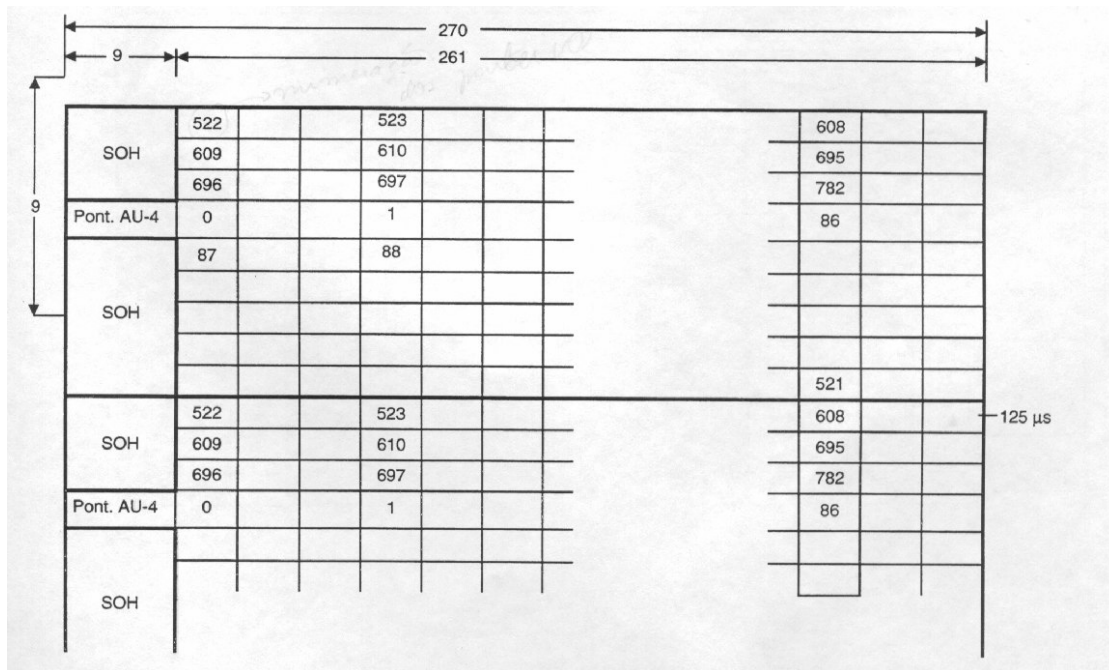


Figura 2.11: *Offset* do ponteiro da unidade administrativa AU-4.

Existem 2 tipos de ponteiros AU:

- Ponteiro AU-4
- Ponteiro AU-3

Estes ponteiros permitem que os VC-x (x=3,4) sejam alinhados em fase e frequência com o quadro STM-1, correspondendo ao alinhamento direto do VC ao *overhead* de seção (SOH). Na figura 2.12 pode-se visualizar que o ponteiro AU-4 “aponta”, ou seja, indica o endereço do VC-4 dentro do quadro STM-1. Na figura 2.13 vê-se os 3 ponteiros AU-3 indicando a posição dos seus respectivos VC-3 dentro do quadro STM-1, com valores que vão de 0 a 782; vê-se também os bytes dos ponteiros AU-3.

Os *containers* que podem ser diretamente transportados no quadro STM-1 e são:

- 1x VC-4 (1x 140 Mbits/s) por intermédio de um ponteiro AU-4
- 3x VC-3 (3x34 Mbit/s ou 3x45 Mbit/s) por intermédio de 3 ponteiros AU-3)

Como se podem ser vistos nas figuras 2.12 e 2.13 abaixo e também na figura 2.4:

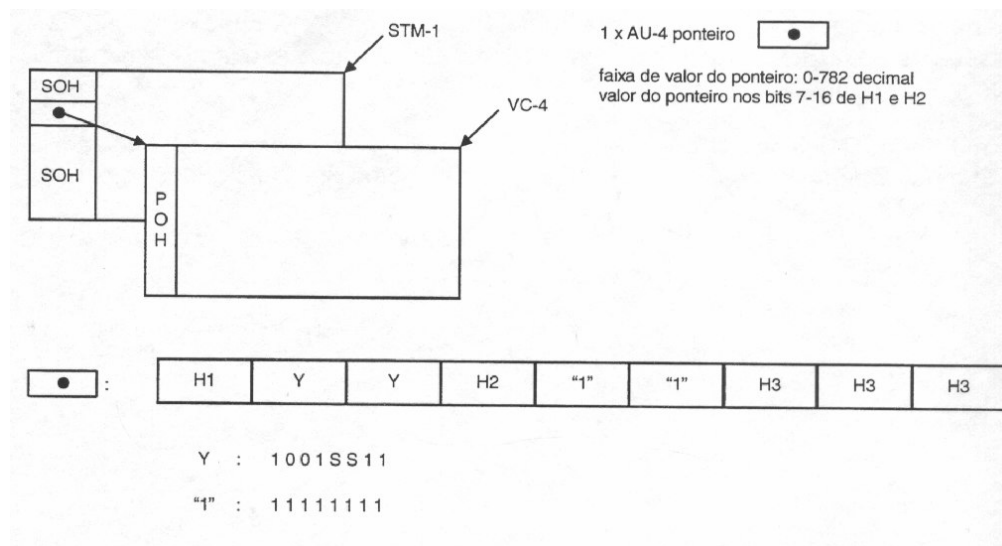


Figura 2.12: Transmissão de um *virtual container* VC-4 através de um ponteiro da unidade administrativa AU-4

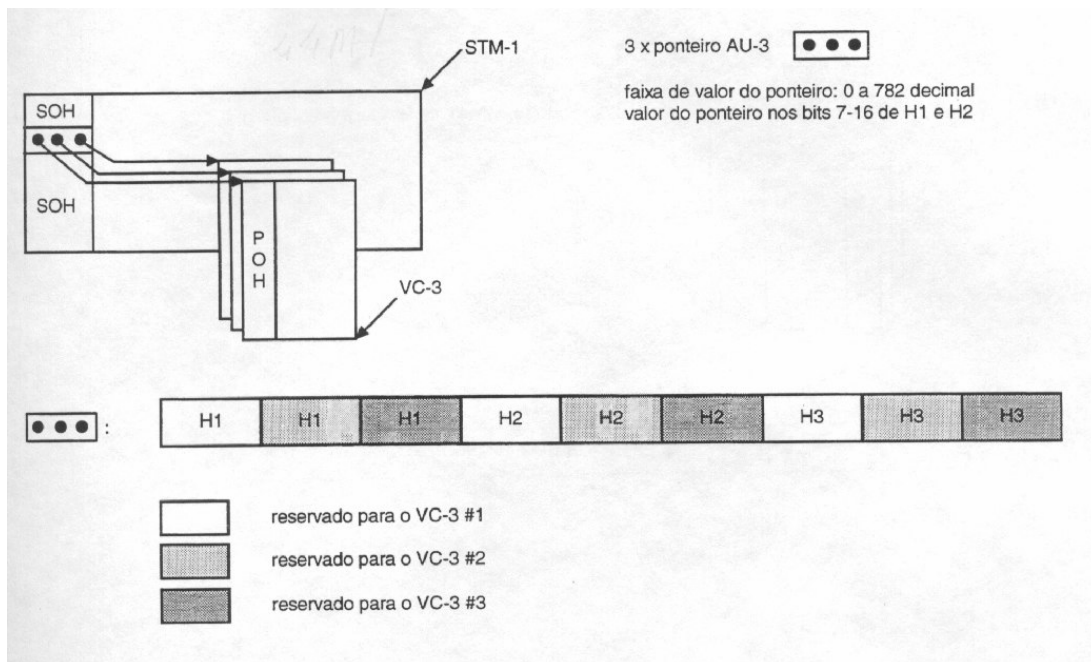


Figura 2.13: Transmissão de três *virtual container* VC-3 através de três ponteiros da unidade administrativa AU-3

2.4.2. Ponteiro TU-3

O TU-3 é uma estrutura de informação constituída por um *payload* de informação (VC-3), por um ponteiro de TU-3 e por bytes de enchimento. Este ponteiro tem estrutura igual ao dos AUs (figura 2.10).

O ponteiro de TU-3 indica em que byte da estrutura se encontra o primeiro byte do POH do VC-3, indicando indiretamente a diferença em bytes entre a posição ocupada pelo POH do VC-3 e o início do VC-4.

Se existir uma diferença de frequência entre a taxa de quadro do VC-3 e a taxa de quadro do TU-3, o valor do ponteiro será incrementado ou decrementado quando necessário, acompanhado da correspondente justificação de byte (positiva ou negativa). Não havendo uma diferença de frequência, não há necessidade de se alterar o valor do ponteiro.

Os *containers* VC-3 são transportados indiretamente através de um *container* VC-4 no quadro STM-1. Para transmissão indireta os *containers* VC-3 são alinhados ao quadro VC-4 por meio dos ponteiros TU-3; o *container* VC-4 é posteriormente alinhado ao quadro STM-1 com o ponteiro AU-4. A figura 2.14 mostra que os VC-3 são concatenados através de 3 ponteiros TU-3 e o VC-4 por sua vez é concatenado ao quadro STM-1 através de um ponteiro AU-4. E mostra também como é formado os bytes do ponteiro.

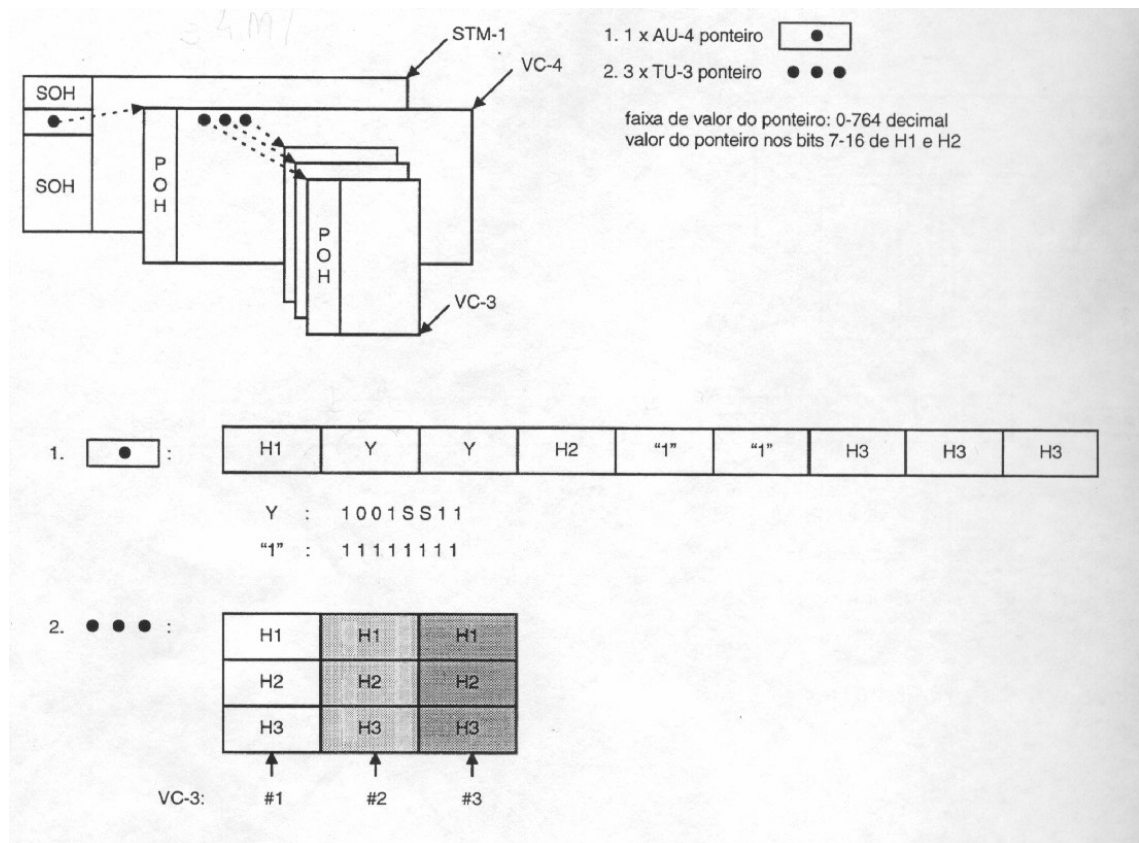


Figura 2.14: Transmissão indireta dos *virtual* container VC-3 com ponteiros de unidade de tributário TU-3

2.4.3. Ponteiros TU-12/TU-11/TU-2

Como pode ser observado na figura 2.15, têm-se os bytes V1 e V2 que representam o valor do ponteiro, o V3 para justificação negativa e o V4 reservado.

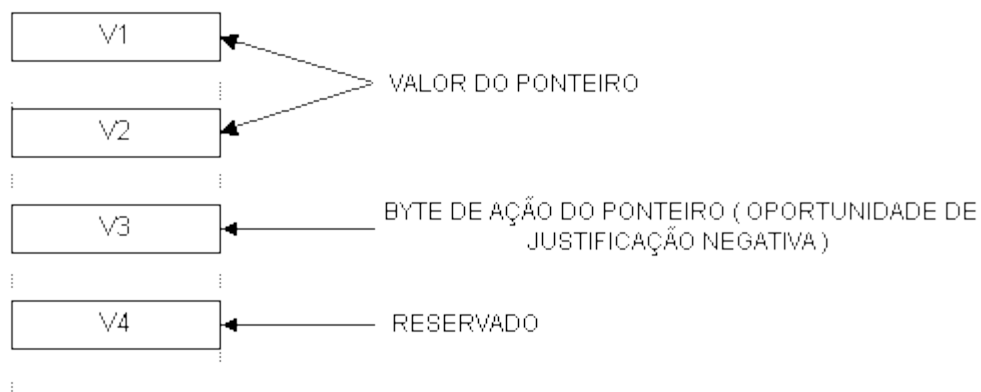


Figura 2.15: Estrutura básica dos ponteiros de unidade de tributário (TU-1x – TU-2).

Os ponteiros TU-1x (x=2 ou 1) e TU-2 permitem que os VC-1x e VC-2 sejam alinhados em fase e frequência com os quadros de mais alta ordem (VC-3 ou VC-4) - ver figura 2.4.

Para transmissão, vários TUs são combinados em um grupo (Unidade tributário de Grupo - TUG) e os respectivos TUGs são posteriormente transferidos para um *container* VC-4 ou VC-3.