

# COMPATIBILIZAÇÃO DAS REDES DE TELEMETRIA HIDROMETEOROLÓGICA DO DAEE E DNAEE, NA REGIÃO DO RIO RIBEIRA DE IGUAPE (SP)

PAUL JEAN ETIENNE JESZENSKY - Engenheiro da FDTE e Prof.  
Assistente EPUSP  
FRED SCHINKE - Engenheiro da FDTE

FDTE - FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DA ENGENHARIA  
E EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Av. Professor Luciano Gualberto, 158 - travessa 3 - Cidade  
Universitária, CEP. 05508 - São Paulo, SP, Brasil

## RESUMO

Este trabalho apresenta o hardware e software desenvolvidos pela FDTE para tornar o sistema de telemetria de uso nacional pelo DNAEE, compatível com o sistema de telemetria desenvolvido pela FDTE para o DAEE, em operação na bacia do Rio Ribeira de Iguape.

## ABSTRACT

This work presents the hardware and software developed by FDTE to make the telemetry network in nation-wide use by DNAEE compatible with the telemetry system developed by FDTE for DAEE, now in operation in the Ribeira de Iguape river basin.

### 1. OBJETIVOS

O presente trabalho descreve a compatibilização das redes telemétricas do DNAEE e DAEE instaladas na bacia do rio Ribeira de Iguape que tinha ainda como objetivos secundários, mas não menos importantes:

- prover suporte técnico ao contratante para manutenção e operação própria da rede e
- minimizar os custos de operação/manutenção da rede do DNAEE.

### 2. DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS DE TELEMETRIA DNAEE E DAEE

#### 2.1. SISTEMA DE TELEMETRIA CPRM/DNAEE

O sistema de telemetria da CPRM/DNAEE, baseado em equipamentos da Hidrologia S/A., pode ser representado como na figura 1.

A Central está instalada em Registro e as Estações Remotas em Registro, Iguape, Iporanga, Juquiá e Eldorado.

As Estações Remotas, destinadas em princípios a coleta de dados de qualquer natureza, são acessadas através da rede telefônica pública. Desta forma à cada remota RMT-3 ou RMT-4 associa-se um número telefônico, como para um assinante normal.

Esta arquitetura permite o acesso à todas as RMT's a partir de qualquer unidade central-CAD, desde que a qualidade da ligação telefônica o permita.

Estações Remotas de Rádio RMT-5 por sua vez, são acessadas a partir de estações remotas concentradoras RMT-4 e transceptores de rádio convencionais. A cada remota RMT-4 podem-se associar até 3 RMT's-5, como se verá adiante.

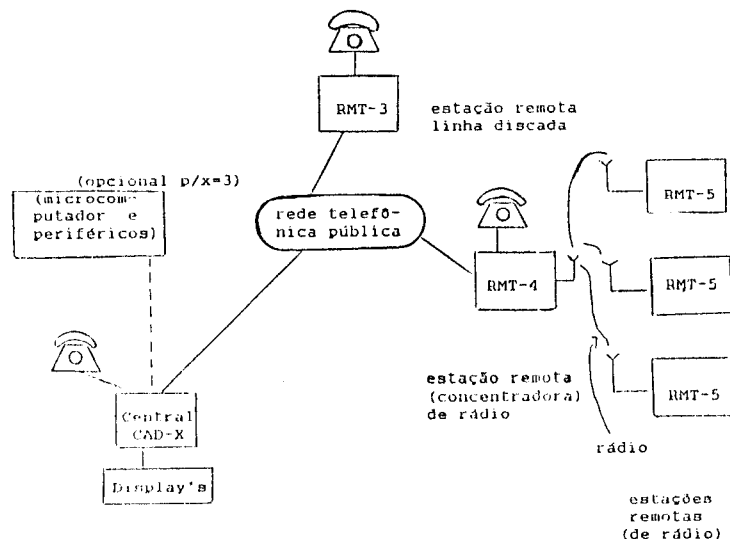


Figura - 1

Ao desejar coletar os dados de uma estação remota RMT-3 ou RMT-4 o operador deverá discar o número telefônico correspondente e aguardar o "atendimento automático" da chamada. A estação remota recebendo um sinal de campainha "atenderá" ao chamado colocando sua portadora na linha. A central ao detectar esta portadora passa a estabelecer um protocolo com a remota para a coleta dos dados.

A transmissão é com modulação em FSK com retorno a zero.

A alocação das frequências do FSK por sua vez depende do tipo de remota, conforme se representa na tabela abaixo:

TIPO REMOTA	TRANSMISSÃO	RECEPÇÃO
RMT-3	1920 +- 60	2580 +- 30 Hz
RMT-4	1920 +- 60	2580 +- 30 Hz
RMT-5	1920 +- 60	2820 +- 30 Hz
ou RMT-5	1920 +- 60	2940 +- 30 Hz
ou RMT-5	1920 +- 60	3060 +- 30 Hz

Evidentemente a central deve estar apta para a transmissão das frequências de recepção das remotas e para a recepção das frequências de transmissão das remotas de (1920 +- 60) Hz, que é o mesmo para todas as remotas.

As remotas enviam seus dados (normalmente configurados para 8, dos quais apenas 2 são usados) por palavras de 17 bits dos quais 16 correspondem a dados propriamente dito e um de paridade ímpar. O sentido de transmissão no dígito é de LSB -> MSB e o de transmissão de dígitos é LSD -> MSD.

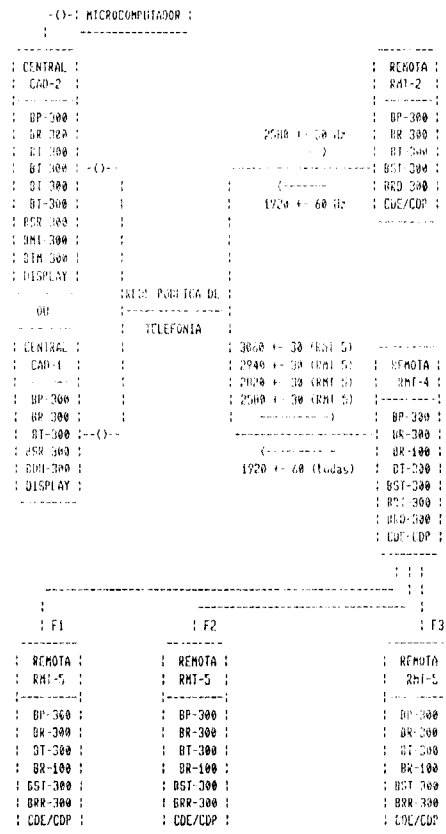
A velocidade de transmissão da rede é de 80 bps correspondendo a M (ou E) e P (retorno a zero) durante 6ms. Considerando-se que temos 8 dados de 17 bits e uma banda de guarda de aproximadamente 80 ms entre dados sucessivos, isto leva a um tempo de transmissão global aproximado de 2,3 s.

Para cada transmitido, a central-CAD responde com marca ou espaço (da central) indicando ter recebido corretamente ou não, respectivamente. Admitindo-se que a detecção na central foi sempre bem sucedida, o processo anterior repete-se para os 8 dados possíveis da remota. No caso de falha durante o processo a central envia um espaço para a estação remota, com o que esta reinicia todo o processo. Ao final do processo, se não houver nenhuma ação do operador da central, o ciclo se repete.

Convém observar que o protocolo descrito não se aplica para estações tipo rádio. Nestas a remota RMT-5 envia sequencialmente seus 8 dados, como descrito, independentemente da confirmação ou não por parte da central - CAD. A interrogação neste caso se faz através de uma estação remota concentradora RMT-4. Esta após estabelecer a conexão telefônica e verificando não ser a frequência da portadora da central-CAD de 2580 Hz (isto é, recebe 2820 ou 2940 ou 3060 Hz) estabelece a conexão de rádio e repete esta portadora em direção às RMT-5's. Das estações remotas RMT-5 apenas uma detetará esta portadora como sendo para ela destinada. Após uma temporização a conexão de rádio reverte o sentido e a RMT-5 correspondente passa a enviar seus dados sequencialmente, sem confirmação. A estação concentradora simplesmente repete este sinal para a central-CAD, a partir do que o tratamento é idêntico ao anterior.

Do ponto de vista de hardware as estações remotas são configuradas como se representa na figura 2.

CONFIGURAZÃO DO HARDWARE DAS ESTAÇÕES REMOTAS E CENTRAL DE TELEFONIA



São elementos comuns à todas as remotas as placas:

- BP-300: fonte de alimentação do sistema, a partir de 110 VAC;
- BT-300: modulador FSK, transmitindo em 1920 +- 60 Hz sempre;
- BST-300: interface entre o instrumento propriamente dito e a placa BT, com conversão dos dados da forma paralela para serial e
- CDP e CDE: codificadores de posição e evento (instrumentos propriamente ditos).

São específicos da RMT-3 e RMT-4 as seguintes placas:

- BRD-300: interface entre a linha telefônica e o equipamento, com consequente conversão de 2 para 4 fios;
- BR-300: receptor de FSK, recebendo em 2580 +-30 Hz, sempre.

São específicos da RMT-4 as seguintes placas:

- BRI-300: interface entre o transceptor e o equipamento propriamente dito e
- BR-100: receptor FSK, recebendo em 2940 +- 150 Hz sempre (isto é detetando que se trata de transmissão para alguma RMT-5).

São específicos da RMT-5 as seguintes placas:

- BRR-300: interface entre o transceptor e o equipamento propriamente dito e
- BR-100: receptor FSK, recebendo em 2820 +- 30 ou 2940 +- 30 ou 3060 +- 30 Hz, dependendo do tipo de remota.

Para uma central tipo CAD-2 com oito display's, tem-se as seguintes placas:

- BP-300: já descrita;
- BR-300: receptor FSK, recebendo em 1920 +- 60 Hz sempre;
- BT-300: transmissor FSK, quatro placas que diferem quanto a frequência de transmissão: 2580 +- 30 ou 2820 +- 30 ou 2940 +- 30 ou 3060 +- 30 Hz,

Figura - 2

conforme a estação remota a ser interrogada;

BSR-300: placa dual da BST das remotas, com função de apresentar em paralelo para os display's os dados recebidos serialmente das RMT's;

BMI e BIM : interface entre a linha telefônica e o equipamento e entre este e um eventual microcomputador para estações centrais automáticas (CAD-3);

Display: placas de display e seleção de dados, para visualização dos dados recebidos.

Para uma central tipo CAD-1, com um único display, tem-se apenas uma placa BT (ao invés de quatro, o que então impede acessar-se estações tipo rádio a não ser por troca manual das BT's) e as funções das placas BMI e BIM são efetuadas por uma outra placa (BDH). Assim tem-se:

BP-300: já descrita;

BR-300: já descrita no CAD-2;

BSR-300: já descrita;

BDH-300: interface entre a linha telefônica e o equipamento propriamente dito e

Display: placa de display com seleção manual do dado a ser visualizado

## 2.2. SISTEMA DE TELEMETRIA DO DAEE

### - DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA

A Rede Telemétrica do Vale do Rio Ribeira de Iguape, é um sistema de telemedição de dados hidrológicos, desenvolvidos pela FDTE - Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia para o DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica, com a finalidade de possibilitar a previsão de enchentes na bacia do Rio Ribeira de Iguape.

A Estação Central está instalada em Registro e as Estações Remotas em Registro, Iguape e Peropava.

A Rede Telemétrica efetua a coleta periódica de leituras de precipitação pluviométrica e nível de água, obtidas por Estações Remotas dispostas em locais apropriados da Bacia; estes dados são transmitidos

para uma Estação Central que fornece ao operador relatórios de situação e de previsão referentes às medidas coletadas.

O sistema de telemetria desenvolvido caracteriza-se de modo geral pelas seguintes partes constituintes:

- Estações Remotas Inteligentes, utilizando microprocessador e circuitos de apoio implementados com tecnologia CMOS e HCMOS, programáveis remotamente, voltados para operação com baixo consumo de energia;

- Estação Central baseada em microcomputador: o software de controle e monitoração da Rede pode ser facilmente alterado para permitir expansões e modificações na Rede e nas características operacionais do sistema;

- Enlaces de Transmissão via Rádio VHF, com operação pulsada para baixo consumo de energia.

- Transdutores Específicos: para precipitação pluviométrica (utilizando o sistema de caçamba basculante acionando um contato elétrico) e para nível de água (transdutores ópticos de posição angular associados a um sistema de bóia e contra-peso).

### - CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS

O sistema desenvolvido, na forma implementada caracteriza-se por uma série de especificações funcionais, sendo que as principais são detalhadas a seguir:

1) A aquisição dos dados na Remota é independente da transmissão dos mesmos, e pode ser efetuada em intervalos desde 5 minutos a 24 horas. Esta programação, a nível de transdutor individual, é feita pela Estação Central;

2) O envio de Dados da Remota para a Central (varredura) é feito por iniciativa da Remota, em intervalos de 5 minutos a 24 horas, programados individualmente pela Estação Central;

3) Ao final de uma Varredura das Remotas, a Central envia uma mensagem de recebimento (ACK) para toda a Rede. As Remotas cujos dados não tiverem sido enviados corretamente são sinalizadas do

- fato, e armazenarão seus dados até que a Central os colete através de interrogações específicas;
- 4) A Remota pode ser colocada em um estado de operação denominado "Standby", onde efetua apenas a coleta de dados, sem tomar iniciativa de enviá-los. A Estação Central efetuará então uma interrogação específica para obter os dados;
  - 5) Na ocorrência de uma falta de comunicação (que pode ser detetada pela mensagem ACK), a Remota entra no estado "Salva". Nesta situação os dados vão sendo armazenados, até que, após restabelecida a comunicação, a Estação Central solicite os dados através de interrogações específicas;
  - 6) No caso de falha de uma Remota, ela passa para um estado denominado "Alerta", na qual os receptores de Rádio permanecem sempre ligados. Os transmissores são ativados pela detecção de portadora, comportando-se como repetidores;
  - 7) A Remota pode ser operada no estado "Teste", onde os receptores permanecem ativados constantemente. Neste estado, mensagens vocais podem ser transmitidas, entre as Remotas e a Central (canal de serviço);
  - 8) No painel da Remota existem um teclado de comando e um mostrador numérico de quatro dígitos. Através deste painel o operador pode ter acesso à hora, programação e estado atuais além de efetuar leituras nos transdutores;
  - 9) A Remota pode enviar à Estação Central uma mensagem solicitando atenção para estabelecimento de Canal de Serviço;
  - 10) Todas as mensagens enviadas pela Remota contém, além dos dados, informações sobre o estado de operação, programação e condições das fontes da Remota ("Status");
  - 11) Todas as mensagens que circulam na Rede utilizam-se de códigos detetores de erros tanto a nível de carácter individual (paridade) como a nível de mensagem inteira (check-sum). A transmissão das mensagens é feita em FSK a 300 bauds;

- 12) A Estação Central envia periodicamente mensagens de ajuste de hora, com a finalidade de calibrar os relógios internos das Remotas;
- 13) As Remotas, ao serem inicializadas entram no estado "standby" com temporizações e periodicidades convenientes para facilitar sua entrada em sincronismo com a Rede;
- 14) A Central envia para as Remotas mensagens de programação de parâmetros, estados, periodicidade e temporizações. Estas mensagens são enviadas sempre que o operador da Central fizer uma alteração nos parâmetros da Rede ou quando a Estação Central detetar discrepâncias entre o "status" recebido da Remota e a programação definida para a mesma.
- 15) A Estação Central recebe as mensagens das Remotas, organiza um banco de dados, emite relatórios e permite cálculo de previsões relativas ao comportamento da bacia.

#### - DESCRIÇÃO GERAL DA ESTAÇÃO REMOTA

A Estação Remota do Vale do Rio Ribeira de Iguape foi projetada para coletar dados pluviométricos e fluviométricos e enviar periodicamente à uma Estação Central localizada em Registro.

O baixo consumo aliado a complexidade das funções a serem realizadas, a versatilidade e a modularidade que desejava-se para o sistema, acarretaram na utilização do microprocessador NSC800, do padrão EUROCARD SIMPLES e da norma CIMBUS da "National Semiconductor Corporation".

#### - Descrição Funcional do "hardware"

A Remota, a nível de hardware, está dividida basicamente em duas partes: um Núcleo Central de Processamento (NCP) e interfaces.

#### - Núcleo Central de Processamento

É formado por duas placas MIC e MEM. A placa MIC é um processador que executa programas armazenados na

placa MEM com capacidade para até 64 Kbytes.

O NCP comunica-se com o operador, com os instrumentos (dois fluviômetros e um pluviômetro) e com os rádios, através de três interfaces.

A placa MEM constitui-se de dois bancos de memória sendo cada banco formado por quatro soquetes de 28 pinos, possibilitando o endereçamento de 16K para memória 2Kx8, de 32 Kbytes para memórias de 4Kx8 ou 64 Kbytes para memória de 8Kx8.

#### - Interface com o operador (DT)

A interface com o operador é realizada pela placa DT. A placa DT possui quatro "displays" de sete segmentos e um teclado.

#### - Interface com os instrumentos e rádio (IIR)

A interface com os instrumentos e rádio é realizada pela placa IIR. A placa IIR interconecta-se a dois rádios, dois fluviômetros e um pluviômetro.

#### - Interface com USART e MODEM (IM)

A interface com USART e MODEM é realizada pela placa IM. A USART comunica-se com o NCP através da via CIMBUS em paralelo (8 bits) e com o MODEM em série.

#### - Fonte de alimentação (FR)

A placa FR é um sistema de alimentação para circuitos que utilizam placas padrão EURO-simples, norma CIMBUS, sendo constituída de duas fontes positivas independentemente ajustáveis e um circuito de interfaceamento com o microprocessador, para controle e supervisão da mesma, podendo operar com três entradas de tensão (AC, bateria e pilhas).

#### - DESCRIÇÃO GERAL DA ESTAÇÃO CENTRAL

A Estação Central da Rede Telemétrica é o equipamento que tem por função gerenciar o comportamento de toda a Rede, coletando os dados recebidos das Estações Remotas e transmitindo mensagens de controle e programação, além de permitir ao

operador o acesso de todas as informações correspondentes às atividades do sistema.

A Estação Central é constituída de um microcomputador da linha Apple IIe e de um conjunto de periféricos que o tornam apto a realizar as funções especificadas.

#### - Funções da Estação Central

As principais funções da Estação Central podem ser divididas em duas categorias: funções automáticas (realizadas a intervalos programados) e funções solicitadas (realizadas por comando do operador).

#### Funções Automáticas:

- a) coleta, análise e armazenamento de dados hidrológicos provenientes das Remotas (varredura);
- b) interrogação, por um número de tentativas estabelecido, das Remotas que não enviaram dados na varredura;
- c) transmissão de mensagem de reconhecimento após uma varredura (ACK);
- d) reprogramação das Remotas que por algum motivo tenham alterado seus parâmetros de operação;
- e) ajuste periódico dos relógios internos das Remotas;
- f) zeramento diário, em hora programada, de todas as leituras Pluviométricas das Remotas;
- g) emissão de relatórios impressos contendo os dados coletados nas varreduras.

#### Funções Solicitadas:

- a) interrogação avulsa de um posto qualquer;
- b) emissão de relatórios individuais ou gerais no monitor de vídeo;
- c) emissão de relatórios impressos avulsos;
- d) ajuste do relógio interno da Estação Central;
- e) alteração dos parâmetros da Rede (configuração, periodicidades e temporizações);

- f) cálculo de modelos de previsão;
- g) estabelecimento de canais de comunicação vocal;
- h) ajuste e verificação dos relógios internos das Estações Remotas;
- i) zeramento avulso dos pluviômetros;
- j) suspensão das atividades da Rede Telemétrica;
- k) edição de dados coletados dos postos.

- Configuração da Estação Central

A Estação Central é composta dos seguintes blocos funcionais:

- a) Unidade de Processamento: consiste de um microcomputador compatível com a linha Apple II E, com 64 Kbytes de memória RAM e equipado com dois acionadores de discos flexíveis de 5 1/4".

b) Monitor de Vídeo

c) Teclado Alfanumérico

d) Impressora

e) Interfaces: As interfaces são as seguintes:

- Interface Paralela para impressora
- Interface para Limnómetro óptico para uso no posto local;
- Cartão IIe + 80 colunas;
- Modem;
- Relógio de tempo real.

f) Software: O software da Rede Telemétrica compreende o conjunto de programas e arquivos necessários para que a unidade de Processamento, em conjunto com seus periféricos, realize as funções especificadas como elemento central da Rede. Estes programas são:

- Sistema Operacional "DIVERSI-DOS": compreende as rotinas de acesso aos discos magnéticos.
- HELLOREDE: este programa é o primeiro a ser executado; inicializa o computador e carrega o programa REDE.
- REDE: programa principal da Rede Telemétrica; gerencia a coleta de dados das Remotas e os

comandos do operador. Usa linguagem BASIC.

- ROTS: conjunto de subrotinas em linguagem de máquina, usadas pelo programa REDE.

- PARM: programa que permite ao operador alterar a configuração ou programação dos parâmetros da Rede Telemétrica. Usa linguagem BASIC.

- PROG: arquivo contendo os parâmetros de programação da REDE; é gerado pelo programa PARM e utilizado pelo programa REDE.

Estes programas estão contidos em um disco magnético flexível (disquete) de 5 1/4 polegadas.

### 3. ESTRATÉGIA ADOTADA PARA INTEGRAÇÃO

Das descrições anteriores evidencia-se que:

- a Estação Central do DNAEE foi implementada basicamente por hardware: as funções são executadas por placas específicas da Central, a partir de uma operação manual e

- a Estação Central do DAEE foi implementada basicamente por software: as funções são executadas por programas específicos da Central de forma operacional automática.

Fica claro portanto que a integração/compatibilização desejada só é possível com a emulação da Central do DNAEE pela Central do DAEE.

Como as frequências de operação e protocolos de operação são distintos nas duas redes, desenvolveu-se um modem/discador que quando alocado na Central DAEE, juntamente com programas específicos, simula a Central do DNAEE.

A solução final consiste pois, como evidencia-se na figura 3.

Ao software já existente na Estação Central do DAEE acrescentou-se programas específicos para tratamento do modem/discador e que integram os dados dos postos DNAEE com os do DAEE.

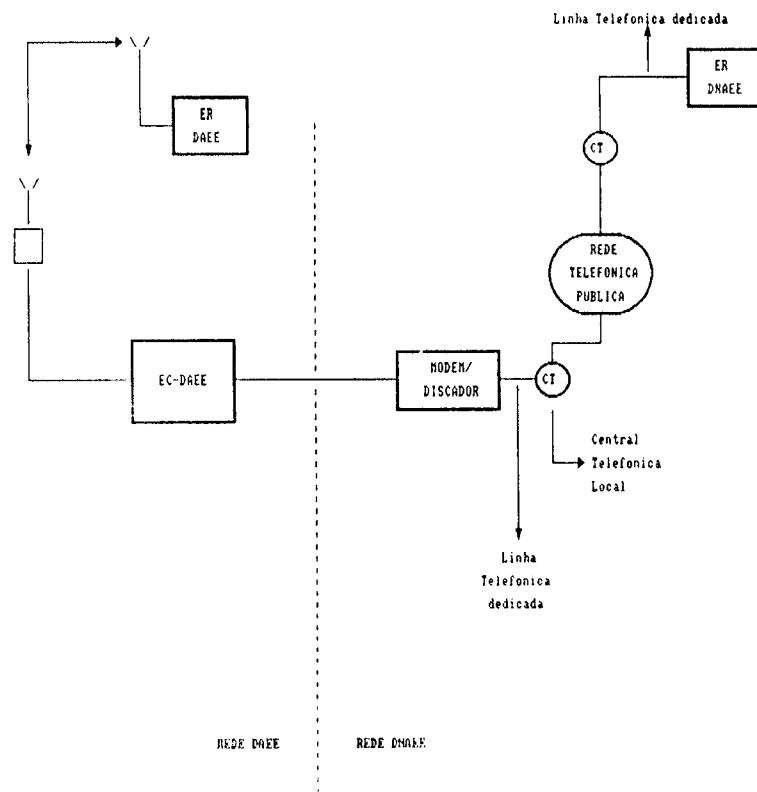


Figura - 3

A operação desta nova Central é completamente automática dispensando a ação do operador, antes necessária na Central DNAEE.

Esta solução permite a formação de um único banco de dados para todos os postos da rede (DNAEE e DAEE), disponível na Central DAEE adaptada.

A transferência deste banco de dados global para outra Central do mesmo tipo é provida por programas específicos de transferência de dados. Desta forma a partir de uma outra Central do mesmo tipo pode-se obter todos os dados da rede por consulta direta à Central DAEE adaptada, sem necessidade de interrogação direta aos postos (que aliás só seria possível aos postos tipo DNAEE).

Após um período de adaptação, durante o qual as duas centrais podem funcionar independente e simultaneamente, sugere-se pois que:

- a Estação Central DNAEE seja colocada à disposição para uma nova rede ou como suporte a manutenção;

- as Estações Remotas do DNAEE em Registro e Iguape sejam deslocadas para dois outros pontos hidrológicamente importantes da bacia, eliminando-se assim a duplicação de informações;

- a coleta de dados de pontos da bacia por outras centrais, que não a alocada em Registro, seja efetuada sempre por consulta direta a Central DAEE modificada, minimizando-se o número de ligações através da rede telefônica pública.