

A Soc  
STAR  
PJ Arg  
JF

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL  
BIBLIOTECA  
AV. PROF. FREDERICO HERMANN JR., 345 CEP 05489 - PINHEIROS  
SÃO PAULO - BRASIL

SISTEMA PARA DETERMINAÇÃO  
DO DIAGNÓSTICO/PROGNÓSTICO DA  
ALTURA DE MISTURA

PROJETO 23.3 - 2

ARQUIVO TECNICO

8402  
L628s(RCET)  
002256



12910

002256

DAID/GEE/STAR.  
CETESB  
ABRIL/78.

8402  
L628s (RCET)  
002256

2

|    |      |
|----|------|
|    |      |
|    |      |
| 80 | 2256 |

TELEPHONE RECORDS

RECORDS SECTION

STATE OF CALIFORNIA

RECORDS SECTION

I N D I C E

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL  
BIBLIOTECA

I - ESQUEMA GERAL DO PROJETO

II - CUSTOS E RECURSOS PARA O PROJETO

III - DIAGRAMAS DE BLOCO E CARACTERÍSTICAS  
DOS PROGRAMAS

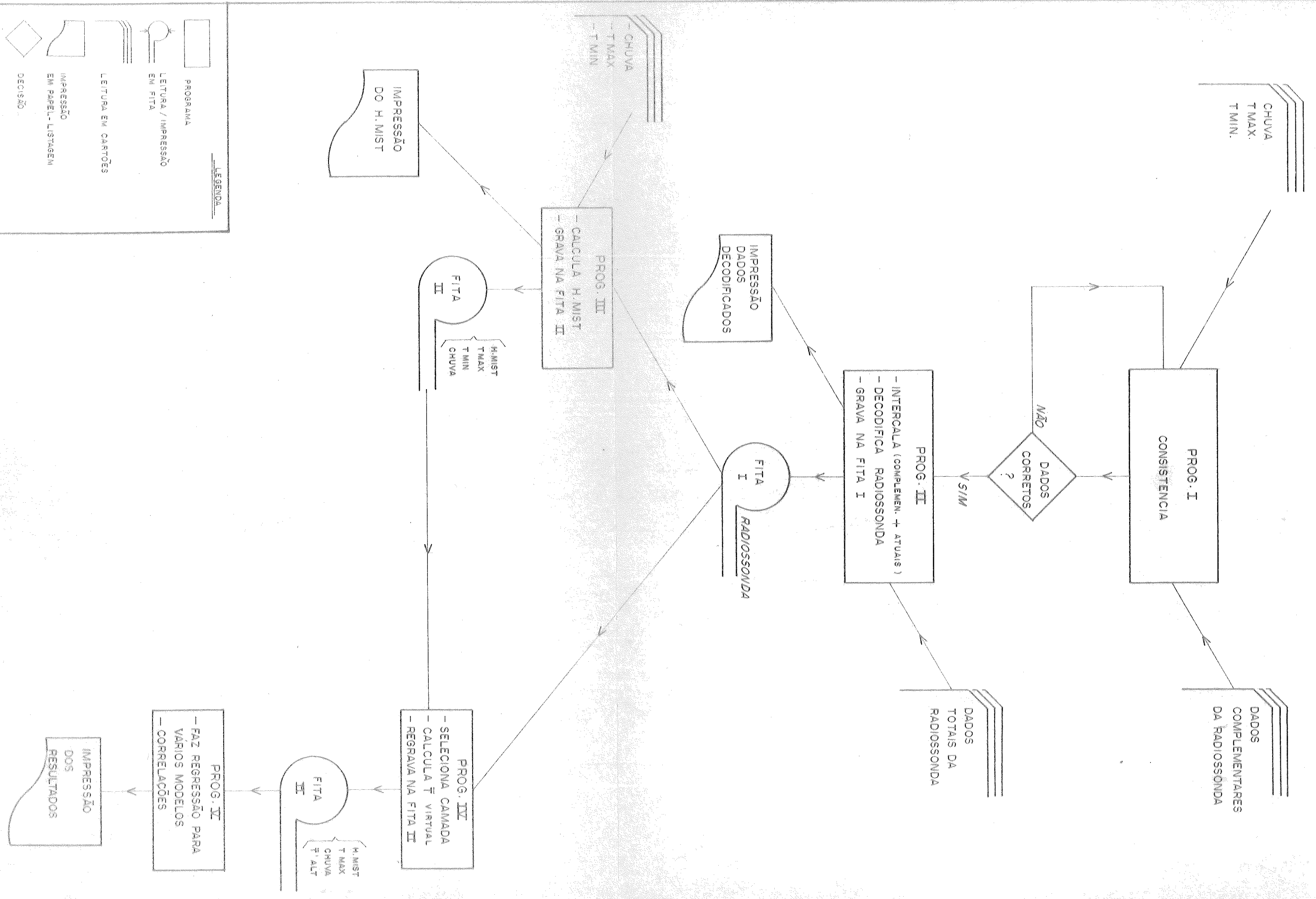
I - ESQUEMA GERAL DO PROJETO

$$1 - H_{mist} = f(T_{max}, T'_{alt})$$

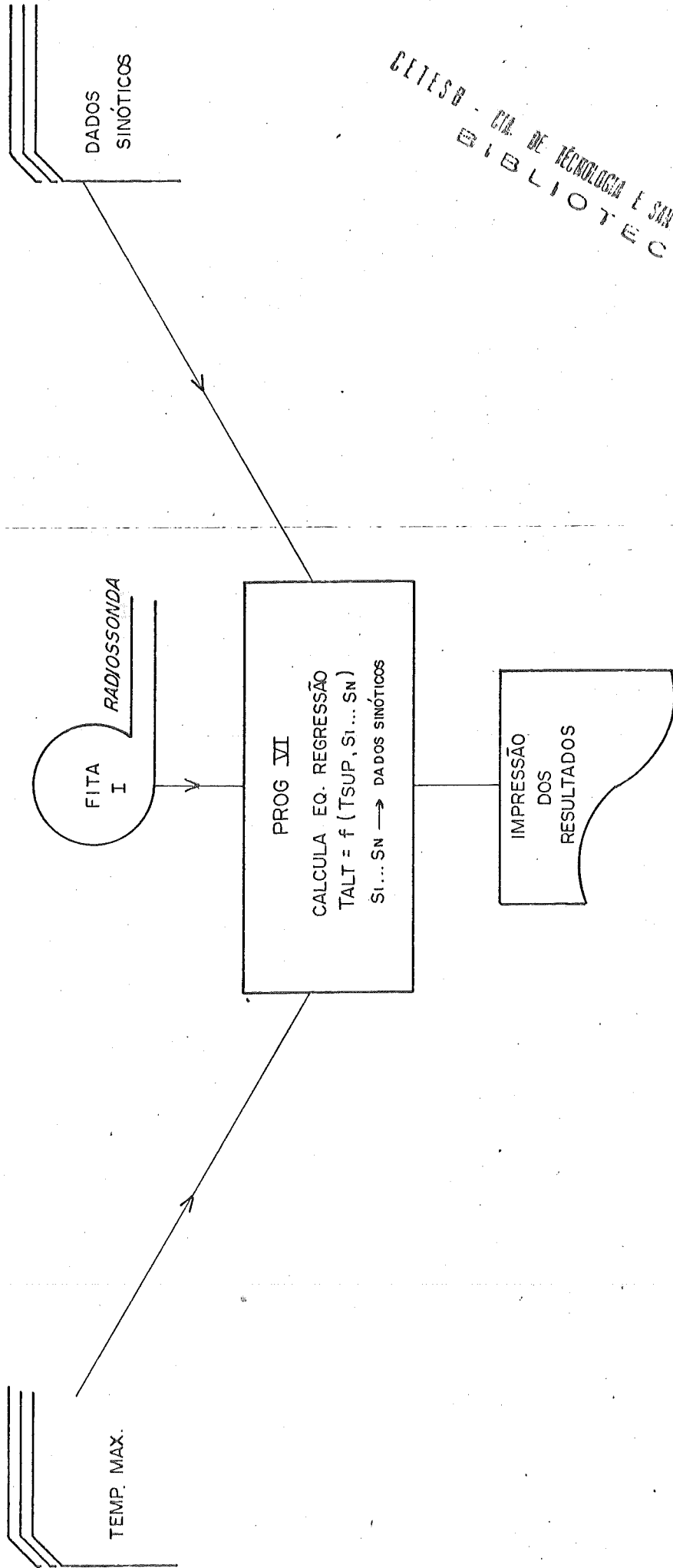
$$2 - \bar{T}_{alt} = f(T_{sfc}, S_1, \dots, S_n)$$

$S_1 \dots S_n$  + *parametros sinóticos*

# DETERMINAÇÃO DE H.MIST = f ( TMAX , T'ALT )



# PROGNOSE TALT



6

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL  
BIBLIOTECA

• *II - CUSTOS E RECURSOS PARA O PROJETO*

RELAÇÃO DOS PROGRAMAS

- PROG. I - Consistencia dos dados da radiossonda (complementares) e de  $T_{max}$ ,  $T_{min}$ , Chuva
- PROG. II - Intercala os dados complementares da radiossonda aos atuais, decodifica-os e grava-os na fita I
- PROG. III - Calcula  $H_{mist}$  e grava na fita II
- PROG. IV - Seleciona camada que contém  $H_{mist}$   
 Calcula  $T_{alt}$  virtual e grava na fita II
- PROG. V - Faz regressão  $H_{mist} = f(T_{max}, T'_{alt})$  para vários mo  
dêlos
- PROG. VI - Faz regressão  $T_{alt} = f(T_{sfc}, S_1 \dots S_n)$  para vários mo  
delos, onde  $S_1 \dots S_n$  são variáveis sinóticas.

RECURSOS PARA OS PROGRAMAS

|                          | Recursos<br>Materiais  | Tempo de processamento  |                                  |               |         |
|--------------------------|--|-------------------------|----------------------------------|---------------|---------|
|                          |  | Leitura                 | Impressão                        | Processamento | Testes  |
| PROG.<br>I               | 1<br>CARTÕES<br>T <sub>max</sub> }<br>T <sub>min</sub> } 500<br>Chuva }<br>Complemento<br>Radiosonda<br>Manhã 2800<br>Noite 1600 | 20 min                  | 5 min                            | 5 min         | 30 min  |
| PROG.<br>II              | Fita I<br>2400 pes   | 15000 cartões<br>50 min | fita : 8 mm<br>listagem : 20min  | 20 min        | 60 min  |
| PROG.<br>III             | Fita II<br>1200 pes  | 10 min                  | fita : 5 min<br>listagem : 2 min | 15 min        | 60 min  |
| PROG.<br>IV              |  | 15 min                  | 6 min                            | 15 min        | 60 min  |
| PROG.<br>V<br>2. MODELOS |  | 12 min                  | 2 min                            | 30 min        | 60 min  |
| TOTAL I                  | 5000 cartões<br>Fita 2400 pes<br>Fita 1200 pes   | 106 min                 | 48 min                           | 85 min        | 270 min |
| PROG.<br>VI              | 1<br>Cartões<br>Dados Sinoticos<br>1000  | 24 min                  | 2 min                            | 45 min        | 80 min  |
| TOTAL II                 | 6000 cartões<br>Fita 2400 pes<br>Fita 1200 pes   | 130 min                 | 50 min                           | 130 min       | 350 min |

R E S U M O

| PROGRAMA     | CUSTO        |             |              |
|--------------|--------------|-------------|--------------|
|              | Horas Comp.  | Materiais   | TOTAL        |
| PROG. I      | 1900         | 5500        | 7400         |
| PROG. II     | 5130         | 600         | 5730         |
| PROG. III    | 2850         | 400         | 3250         |
| PROG. IV     | 3040         |             | 3040         |
| PROG. V      | 3230         |             | 3230         |
| PROG. VI     | 4750         | 1100        | 5850         |
| <b>TOTAL</b> | <b>20900</b> | <b>7600</b> | <b>28500</b> |

**COMENTÁRIOS**

- 1 - Os custos e tempos mencionados são estimativas feitas sem a quantidade de informações desejada. Assim, aconselha-se que sobre o custo final seja acrescentado uma margem adicional de segurança (apesar de eles já estarem super dimensionados).
- 2 - O processamento de dados inerentes ao projeto, exigirá (pela carga qualitativa e quantitativa do trabalho) a prévia contratação de um programador. Talvez seja necessária também a alocação de mão de obra para o preenchimento de planilhas.
- 3 - No desenvolvimento do projeto, problemas como a necessidade de memória do computador maior do que a disponível no VARIAN, poderão forçar a utilização de equipamentos de grande porte. É preciso salientar, que isto não deverá onerar o projeto na medida em que estes equipamentos mesmo tendo um custo hora maior, apresentam um tempo menor de leitura, processamento e impressão da informação.

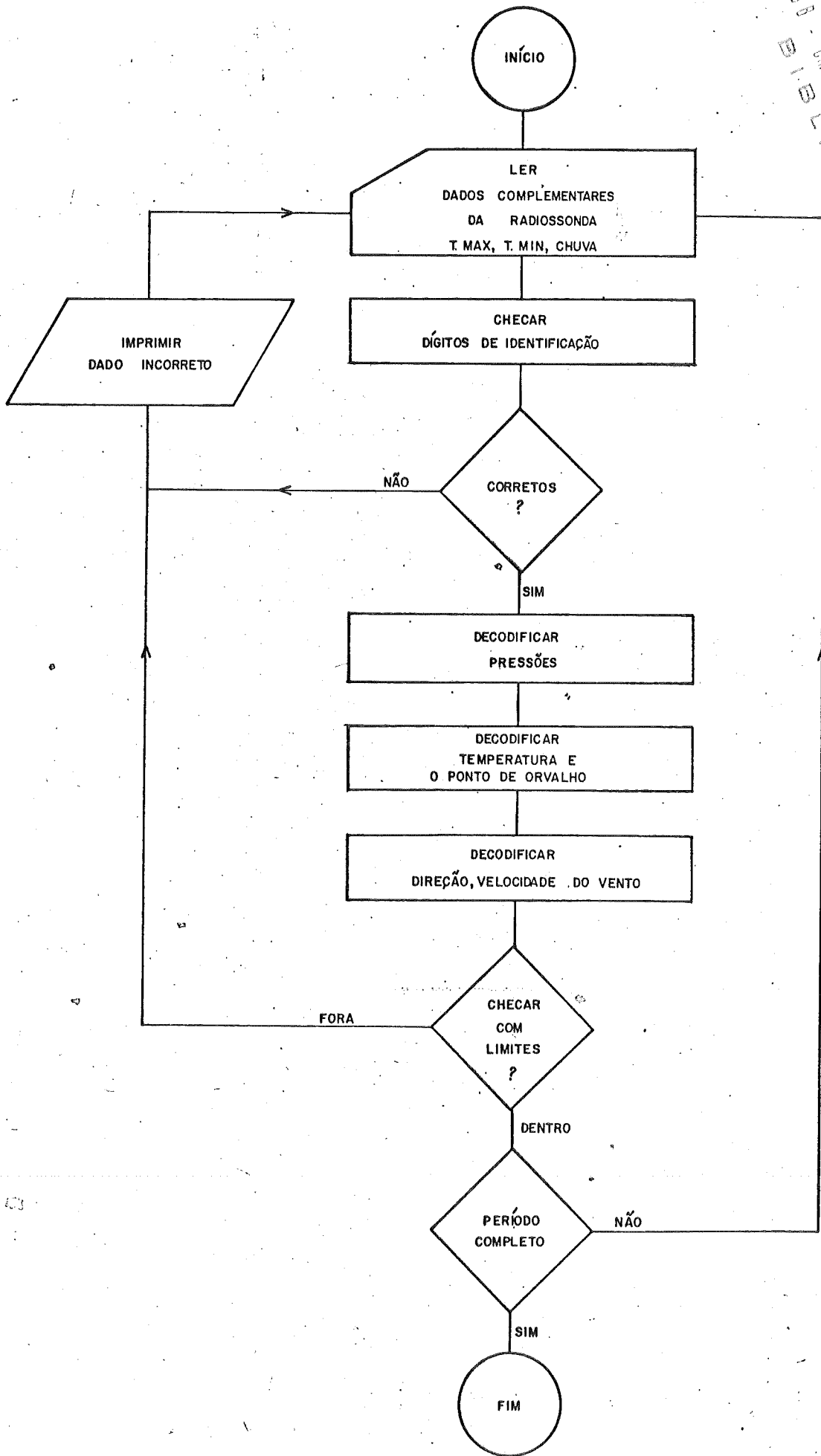
- 4 - Existirão custos como o de adaptação do programador ao sistema, manipulação de arquivos em fita etc, que não são diretos deste projeto, na medida em que serão agregados em forma de know how aproveitáveis em futuros trabalhos.
  
- 5 - Mesmo os próprios dados armazenados neste projeto (radiossonda; vento, temperatura, pressão, hmist,  $t_{max}$ ) serão aproveitados em outros (por exemplo : taxa de ventilação, etc.) diminuindo sensivelmente os respectivos custos.

*III - DIAGRAMAS DE BLOCO, E CARACTERÍSTICAS DOS PROGRAMAS*

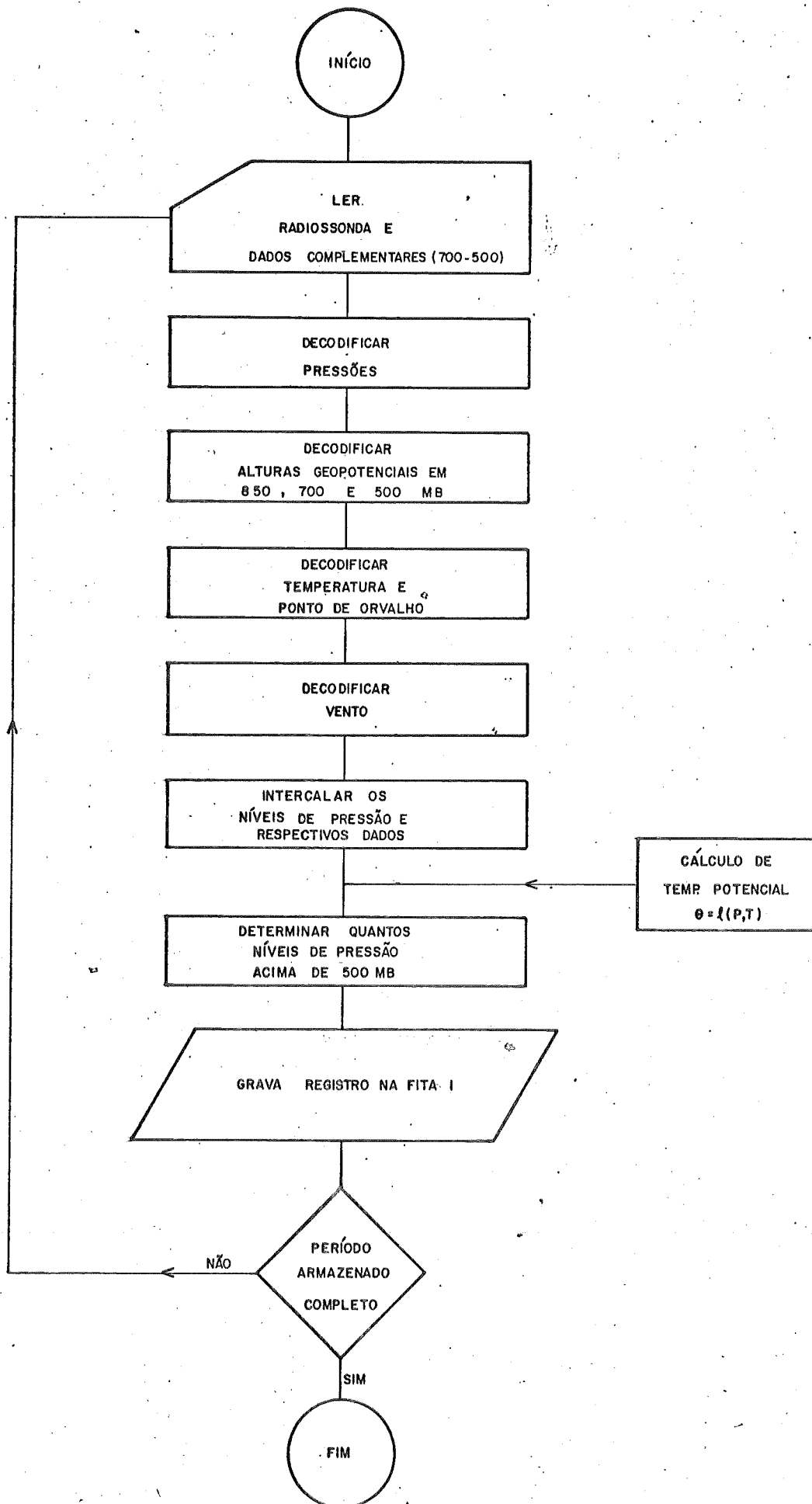
PROG. I - CONSISTÊNCIA

B

DETERB. BIBLIOTECA E SANEAMENTO URBANO



PROG. II - DECODIFICAÇÃO DOS DADOS E  
TRANSPOSIÇÃO PARA FITAS



- A radiossonda apresenta dois tipos de dados : os relativos à alturas-padrões (sfc, 850, 700, 500 mb) e os intermediários onde há uma mudança significativa nas variáveis : temperatura ou ponto orvalho ou vento.
- A temperatura potencial relativa aos pontos fornecidos pela radiossonda é calculada da seguinte forma :

$$\theta_{(I)} = T_{(I)} \times \left( \frac{1000}{P_{(I)}} \right)^{0.286}$$

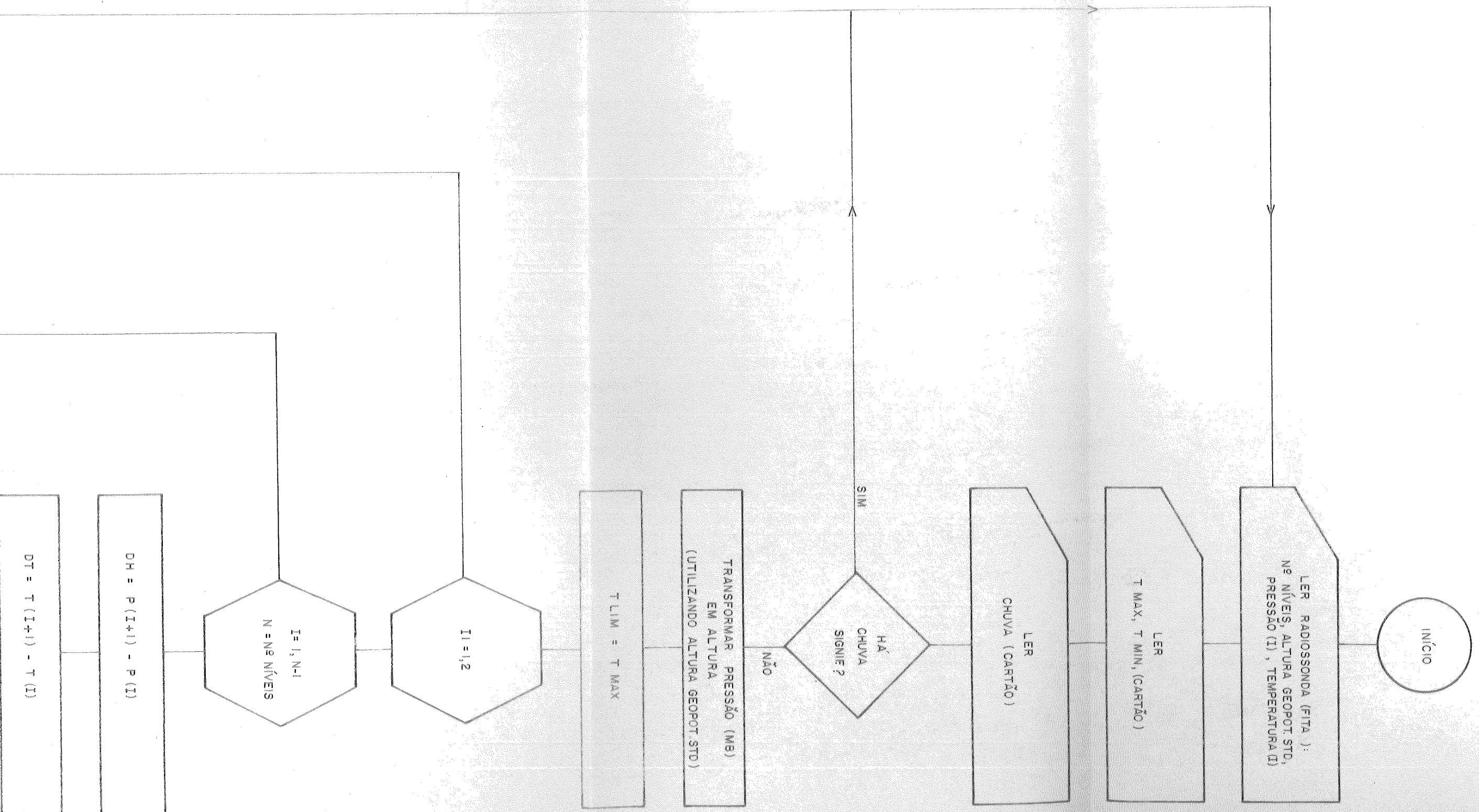
P em mbs  
T em °K

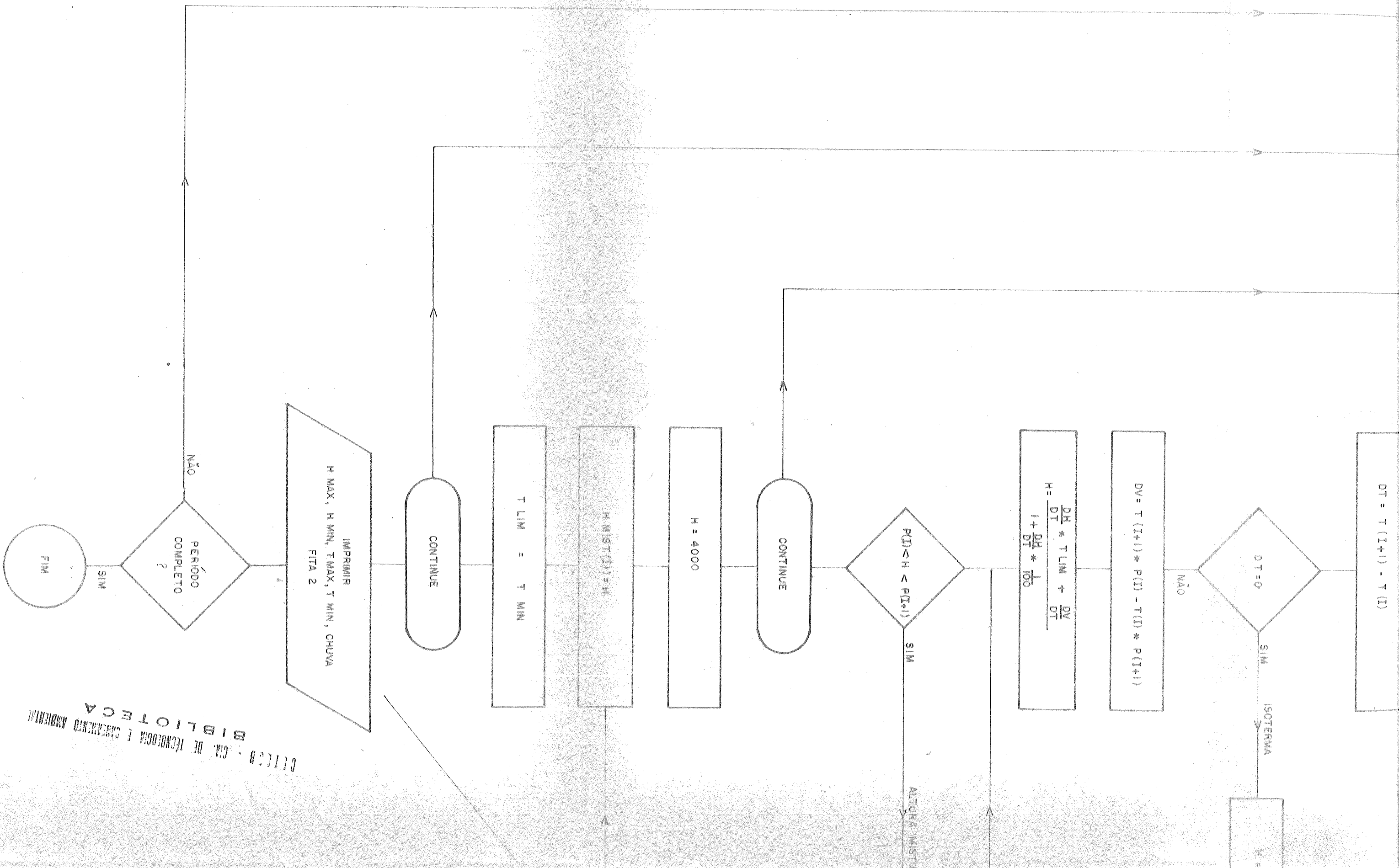
- A transposição para fita possibilita uma redução no tempo de leitura dos dados de pelo menos 7 vezes.
- Para cada radiossonda serão armazenadas as seguintes informações :

- 1 - Período/dia/mês/ano
- 2 - Número de níveis
- 3 - Altura geopotencial correspondente à 850 mbs
- 4 - Altura geopotencial correspondente à 700 mbs
- 5 - Altura geopotencial correspondente à 500 mbs

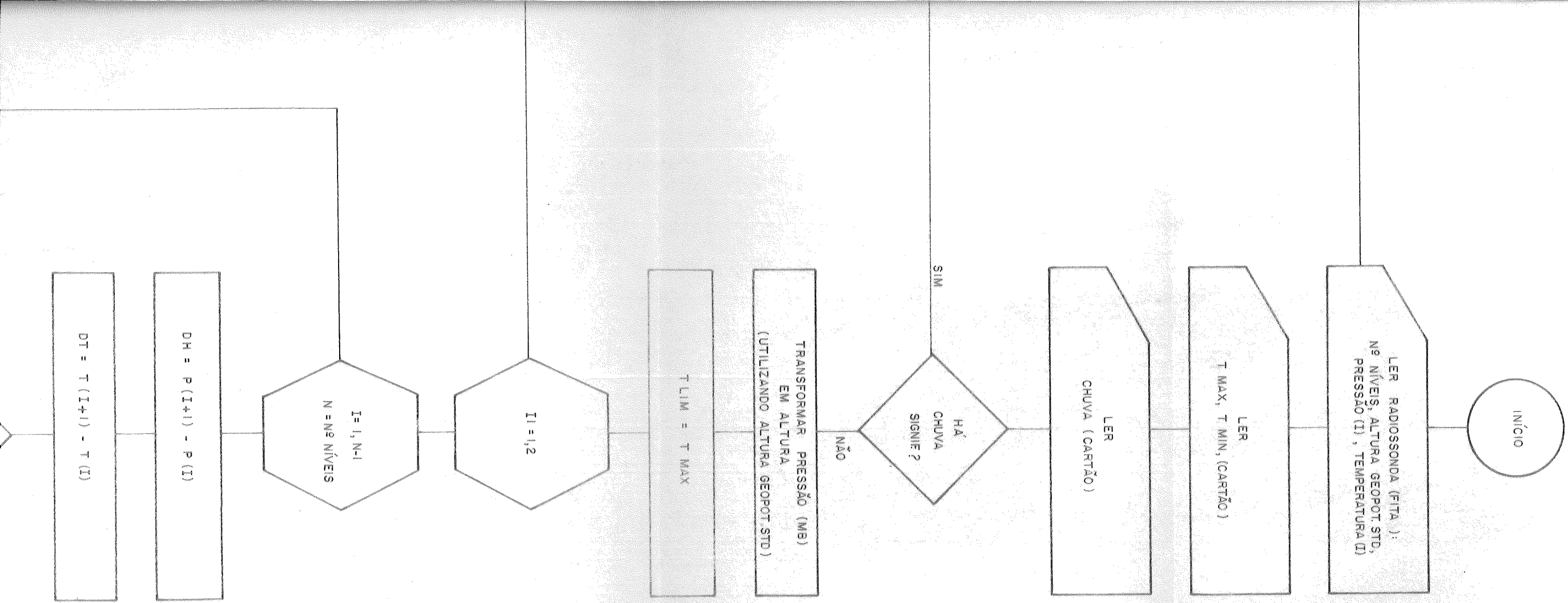
- 6 - n conjuntos
- pressão
  - temperatura
  - θ
  - ponto de orvalho
- ventos
- velocidade
  - direção

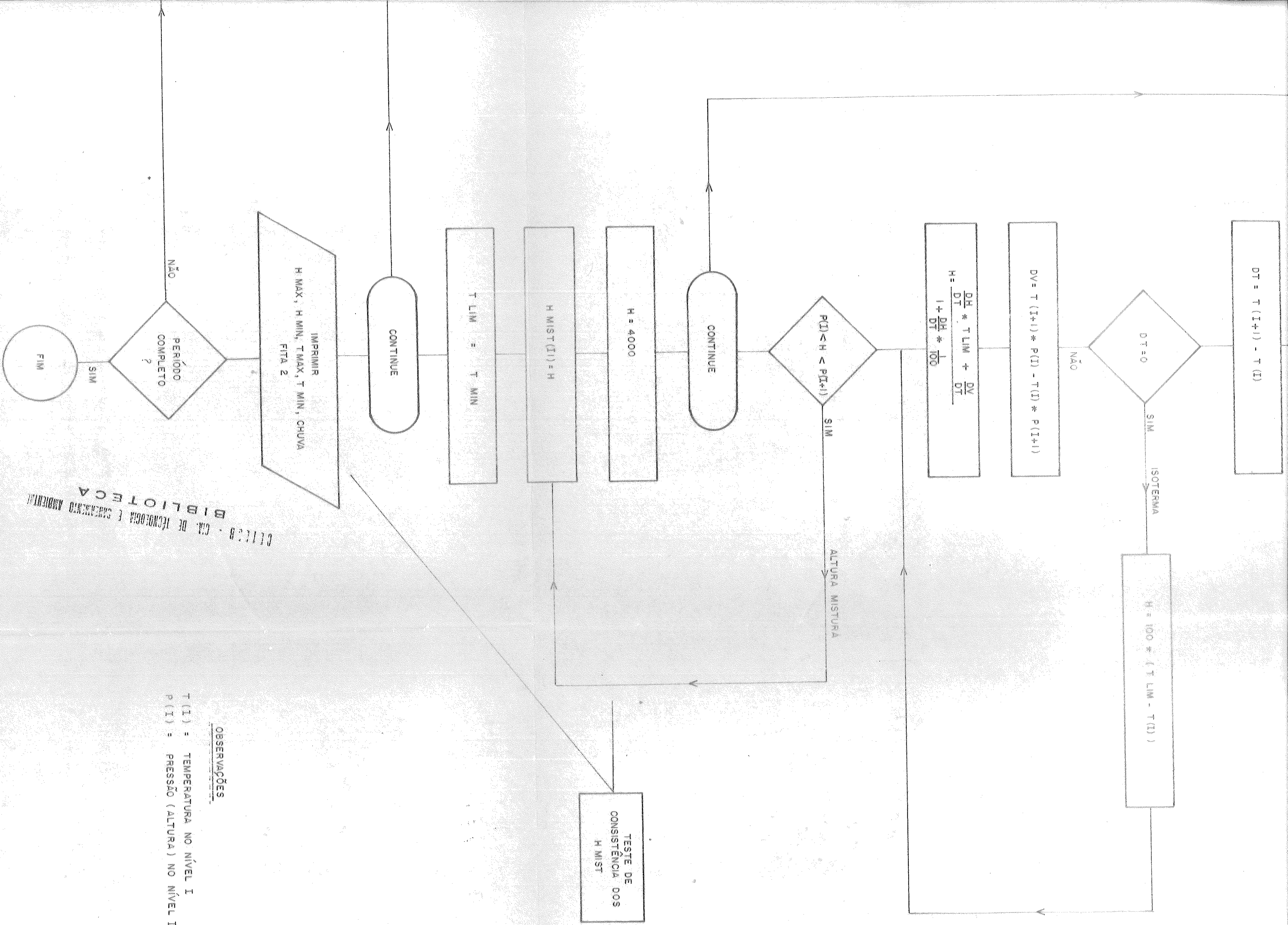
PROG. III - CALCULO DA ALTURA MÁXIMA E MÍNIMA DE N





CITEC B - CIA. DE TECNOLOGIA E CARIÓTIPO AMBIENTAL  
 BIBLIOTECA





CEECIB - CIA. DE TECNOLOGIA E CARGAMENTO AMBIENTAL  
 BIBLIOTECA

OBSERVAÇÕES

T ( I ) = TEMPERATURA NO NÍVEL I  
 P ( I ) = PRESSÃO ( ALTURA ) NO NÍVEL I

MÉTODO DE OBTENÇÃO DA ALTURA DE MISTURA

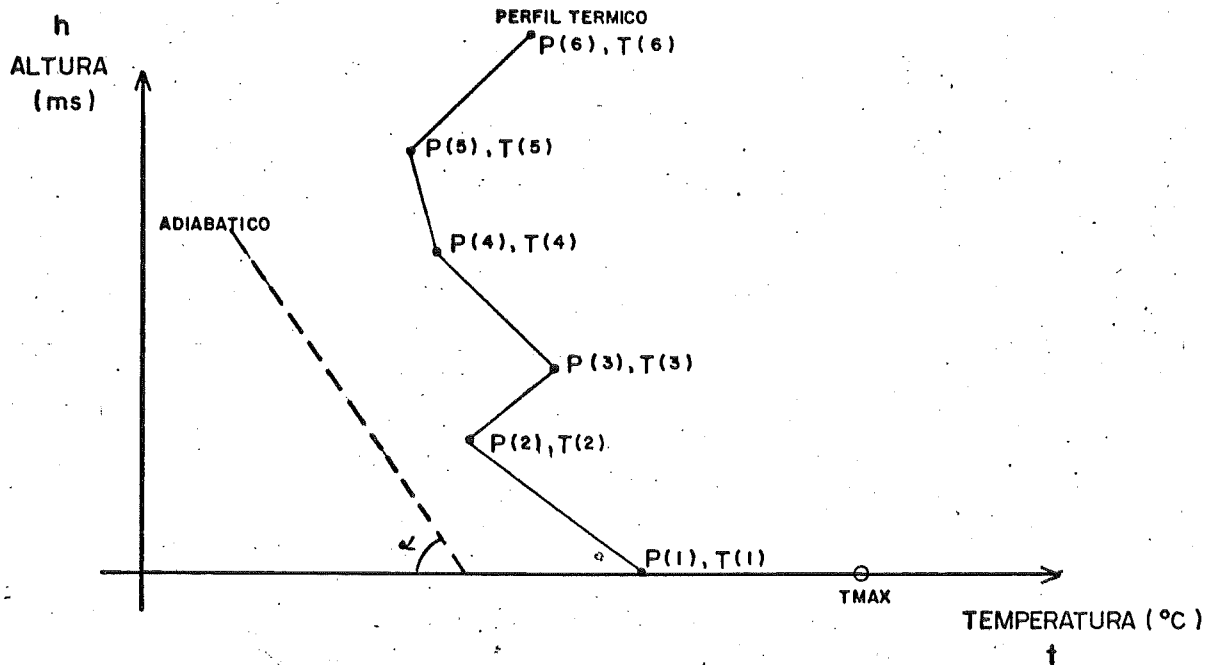


FIG. I - ILUSTRAÇÃO GRÁFICA DO PROBLEMA

A partir de  $(T_{max}, 0)$  traçar uma reta com coeficiente angular =  $-\frac{1}{100}$  ou seja,  $T = -\frac{H}{100} + T_{max}$  (1)

Unindo-se conjuntos de 2 pontos  $(P_n, T_n)$  e  $(P_{n+1}, T_{n+1})$ , obteremos vários segmentos de reta com equação:

$$H = \frac{P_{n+1} - P_n}{T_{n+1} - T_n} \cdot T + \frac{T_{n+1} \cdot P_n - T_n \cdot P_{n+1}}{T_{n+1} - T_n} \quad (2)^*$$

Fazendo-se as interseções da reta (1) com cada uma das retas (2), determinaremos aqazes da seguinte forma:

$$H = \frac{P_{n+1} - P_n}{T_{n+1} - T_n} \cdot \left(-\frac{H}{100} + T_{max}\right) + \frac{T_{n+1} \cdot P_n - T_n \cdot P_{n+1}}{T_{n+1} - T_n}$$

$$H = \frac{\frac{P_{n+1} - P_n}{T_{n+1} - T_n} \cdot T_{max} + \frac{T_{n+1} \cdot P_n - T_n \cdot P_{n+1}}{T_{n+1} - T_n}}{1 + \frac{P_{n+1} - P_n}{T_{n+1} - T_n} \cdot \frac{1}{100}}$$

Para cada um dos segmentos da reta do perfil térmico<sup>(2)</sup>, determinaremos a intersecção com a paralela ao adiabático pelo  $T_{max}$ <sup>(1)</sup>. Obviamente para todos os seguimentos encontraremos pontos de intersecção.

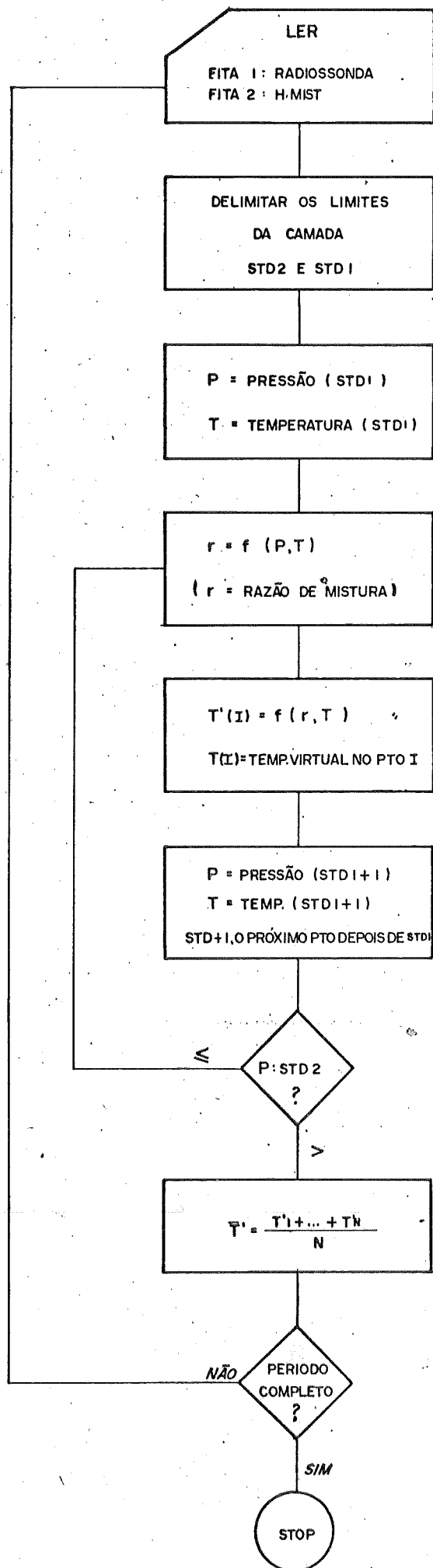
No entanto apenas um, estará enquadrado dentro dos limites das coordenadas do segmento, tal será o ponto relativo à altura máxima da mistura ( $H_{max}$ ).

O procedimento para o cálculo da  $H_{min}$  será análogo. O dado de entrada será  $T_{minimo}$ , acrescido de  $5^{\circ}C$  (para compensar o efeito de "ilha térmica").

\*A equação geral da reta a partir de 2 pontos  $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2)$  é:

$$Y = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} X + \frac{X_2 Y_1 - X_1 Y_2}{X_2 - X_1}$$

PROG. IV DELIMITAR FAIXA E CALCULAR TEMPERATURA VIRTUAL



## MÉTODO PARA A DETERMINAÇÃO DO $T_{\text{virtual médio}}$ DA CAMADA

Identificada a camada onde se encontra a  $H_{\text{mist}}$  (limites STD 1 e STD 2) calcula-se para todos os pontos internos (à camada) fornecidos pela radiossonda, a respectiva temperatura virtual.

Feito isso, em relação a estes dados calculados, tira-se a média aritmética.

As fórmulas utilizadas serão:

$$T^* - T = 0,61 \cdot r \cdot T$$

$$r = 0,62197 \cdot f_w \cdot e_s / (p - f_w \cdot e_s)$$

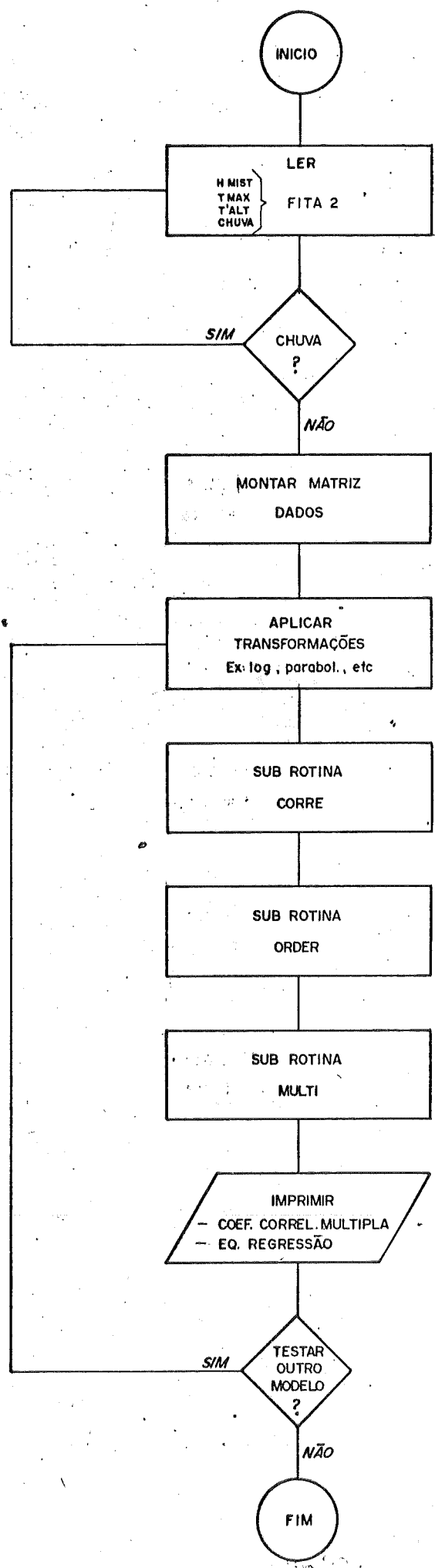
$$e_s = 6,11 \cdot 10^{\frac{a}{T} - \frac{b}{T^2}} \quad \text{onde} \quad \begin{aligned} a &= 7,5 \\ b &= 237,5 \end{aligned}$$

$r$  - razão mistura

$e_s$  - pressão do vapor saturado


$f_w$  - fator de correção do afastamento da mistura de ar e vapor d'água da lei dos gases perfeitos.

PROG. V REGRESSÃO DE H.MIST = f(T<sub>MAX</sub>, T<sub>ALT</sub>) PARA VARIOS MODELOS



## R E G R E S S Ã O

- Serão utilizadas para efetuar a regressão algumas subrotinas internas pertencentes ao SSP (Scientific Subroutine Package)
- Poderão ser testados vários modelos (logarítmico, etc), sendo que para isso aplica-se transformadas para as variáveis adequadas. Depois disso em termos de cálculo tudo se passa como se efetuássemos uma regressão multilinear.
- Uma questão fundamental a ser discutida é a validade de se correlacionar  $H_{mist}$  com a diferença  $\Delta$  entre  $T_{max.sfc}$  e  $T'_{alt}$ , na medida em que este procedimento possa estar gerando um mascaramento ou adulteramento dos fenômenos (pares  $T_{sfc}$ ,  $T'$  diferentes poderão resultar  $\Delta$ , iguais). Assim pode ser recomendável que tratemos separadamente estas variáveis fazendo  $H_{mist} = f(T_{max.sfc}, T'_{alt})$  ao invés de  $H_{mist} = f(\Delta, T_{max.sfc} - T'_{alt})$ . Salienta-se que esta abordagem não provoca grandes custos adicionais.
- Se eventualmente subrotinas existentes no Varian, demonstrarem-se limitadas aos nossos propósitos, recomendamos a utilização de outros pacotes estatísticos mais potentes disponíveis em equipamentos de maior porte (por exemplo SPSS - Burroughs 6700)

A Sec STAR  
 A/A P...  


Sr. Superintendente,

Em adendum parcial ao projeto STAR 12.1 e ainda face a necessidade de oferecer subsídios concretos para a DAID na previsão de seus cronogramas de trabalho no que se refere ao projeto STAR 23.2, apresentamos a seguir, um sumário da metodologia e necessidades imediatas para a obtenção de prognostico da altura de mistura para as próximas 24 horas.

#### A. Descrição de Estudo Originário

Segundo Miller (1), o processo de obtenção do prognostico de Hmist seria idêntico ao da determinação de Hmist para as próximas 12 horas, infelizmente a previsão do perfil de temperaturas das 12.00Z de manhã não é praticamente realizável carecendo de exatidão. Desta forma o referido autor procurou uma correlação menos direta porém mais prática e confiável entre Hmist vs ( $\theta_{supmax} - \theta_{altitude \text{ de } 12.00 \text{ Z}}$ ) à luz de dados retrospectivos desses valores.

Uma regressão entre os valores retrospectivos das variáveis acima, foi estabelecida para a cidade Pittsburgh, utilizando-se a camada de 850 mb. Ao serem plotados os valores, verificou-se que o espalhamento da nuvem de pontos crescia a partir de  $\theta_{supmax} - \theta_{850(12.00 \text{ Z})} = 0$ . Percebeu-se então que o aumento progressivo do espalhamento dos pontos plotados era decorrência da grande variabilidade de "lapse rates" na camada situada entre o topo da altura de mistura e o nível de altitude considerado. Verificou-se ainda que mesmo na situação  $|\theta_{supmax} - \theta_{850mb(12.00Z)}| = 0$ , onde teoricamente estaria o topo de Hmist existia algum espalhamento para 850 mb ao longo do ano. Um estudo da variação da altitude na camada de pressão de 850 mb ao longo de 10 anos, com base em dados médios mensais, apontou a diferença máxima entre dois meses ser de 101m para a referida cidade.

À luz destas observações, Miller visou a minimização de espalhamento buscando em seu novo estudo estabelecer regressões apenas com os valores de altura de mistura si

tuados dentro da camada de altitude selecionada. Desta vez as regressões foram levantadas em termos de Hmist vs.  $(t_{sup.max} - T'_{ALT_2 - ALT_1})$ , verificando  $ALT_2$  pelo sinal - (12.00 Z)

de  $(\theta_{ALT_2} - \theta_{sup.max})$  e estabelecendo  $ALT_1$  no nível da pressão em que houvessem dados de sondagem em caráter de rotina. O uso da temperatura virtual corrige o ar seco para a umidade, situação real de lapse rate ambiental, e ainda por ser maior que a temperatura bulbo seco no mesmo nível de pressão age a bem da segurança na associação com as alturas de mistura.

Foram levantadas regressões para várias camadas de pressão sendo utilizadas 67 estações de sondagem e as equações de melhor ajuste se apresentaram como parábolas - entre :

$$(t_{sup.max} - T'_{(1000 - 850 \text{ mb})})$$

(12.00 Z)

$$(t_{sup.max} - T'_{850-500\text{mb}})$$

(12.00 Z)

foram calculados os erros padrão para diferentes números de estações envolvidas e na construção das regressões as estações localizadas e altitudes acima de 750m foram desprezadas em virtude da proximidade do nível em estudo de 850 mb.

B. Método de Prognóstico de Miller para Hmist

B.1. Prognose de  $\theta_{sfc.max}$  para amanhã

Executada com os valores previstos da pressão na superfície das 12.00 Z de amanhã e da previsão de  $t_{sup.max}$  de amanhã.

$$\theta_{sup.max \text{ ar seco}} = T \left( \frac{1000}{P} \right)^{0.288}$$

- T - temperatura máxima prevista
- P - pressão prevista

### B.2. Prognose de altitude (vários níveis)

Executada com os valores previstos das temperaturas dos níveis de pressão para amanhã pelo uso do modelo de previsão numérica de hoje. Transformação para temperatura potencial através máquina de calcular ou computador.

### B.3. Verificação do sinal de $(\theta_{ALT} - \theta_{sup.max})$

- > 0 correspondente à Hmist interior à camada
- = 0 exatamente na camada
- < 0 correspondente à Hmist

se o sinal for positivo basta verificar qual o limite inferior da camada disponível. Se negativo seleciona-se outras alturas até a verificação de sinal positivo.

### B.4. Estabelecimento da temperatura virtual média da camada selecionada.

Do procedimento do item B.2 já obtivemos os valores de temperatura de bulbo seco nas duas alturas. Essas temperaturas são convertidas para temperatura virtual segundo

$$T' - T = 0,61 \sqrt{T}$$

onde

$T'$  - temperatura virtual no nível de pressão selecionado

$T$  - temperatura de bulbo seco do mesmo nível

$\sqrt{\quad}$  - % . (razão de mistura)

obtem-se a média entre  $T'_{ALT_1}$  e  $T'_{ALT_2}$  :

### B.5. Estabelecimento da Hmist das próximas 24 horas.

É obtida pela entrada do valor de  $(t_{sup}^{-T'_{ALT_1-ALT_2}})$  na equação da regressão previamente estabelecida para o nível de pressão a considerar, conforme metodologia exposta no item A.

### C. Necessidade de Estudos Especiais para implementação do prognóstico de ALTURA de mistura para as próximas

24 horas pela DMT.

Do exposto nos itens A e B podemos inferir as seguintes necessidades.

C.1. Série histórica de valores

- Perfil termico até 500 mb
- $T_{\max}$  de superfície
- $T_{\min}$  de superfície entre 0,00Z e 8.00 hs em São Paulo.
- Hmist matinal com exclusão dos dias em que ocorreram chuva.
- Hmist da tarde com exclusão dos dias em que ocorrem chuva.
- Temperaturas potenciais nos níveis STD até 500 mb nos dias em que não ocorrem chuva.
- Temperatura virtual média entre os níveis STD disponíveis até 500 mb nos dias em que não ocorrem chuva.
- $T_{\text{sup.max}} - T'_{\text{ALT}_2 - \text{ALT}_1}$
- P sup. para cálculo prognóstico de  $\theta$
- Valores da diferença da altura máxima em cada camada STD.

C.2. Regressões

- Hmist vs  $(T_{\text{sup.max}} - T'_{\text{ALT}_2 - \text{ALT}_1})$   
Para todas  $\text{ALT}_2$  imediatamente acima das Hmist e um nível inferior de referência ( $\text{ALT}_1$ )(STD > 850mb)
- $T_{\text{ALT}}^{\text{prev.}}$  vs  $\theta_{\text{ALT}}^{\text{prev.}}$  (tentativa pois não se dispõe de modo de previsão numérica)

C.3. Programas em calculadora programável para :

- Teste de sinal de  $\theta_{\text{ALT}_2} - \theta_{\text{sup}}$ , com todos os loop para variação de  $\theta_{\text{ALT}_2}$ .
- transformação de T em  $\theta$
- transformação de T em  $T'$

- cálculo de  $T'_{ALT_2} - ALT_1$

Para a execução do estudo acima exposto a Divisão de Análise e Interpretação de Dados, realizou o projeto 23.3-2 em anexo, para o qual solicitamos sua aprovação.

Referência Bibliográfica

- (1) Forecasting Afternoon Mixing Depths and transport wind speeds  
 Marvin Miller  
 Monthly weather review vol 95, nº 1

São Paulo, 2 de abril de 1978

  
 Engº Ernesto Ronchini Lima  
 Gerência de Estudos Especiais-Ar

25

BIBLIOTECA

| DEVOLVER EM | DEVOLVER EM |
|-------------|-------------|
|             |             |
|             |             |
|             |             |
|             |             |
|             |             |
|             |             |
|             |             |
|             |             |
|             |             |

|               |         |
|---------------|---------|
| Data aquis.   | 22/8/91 |
| Local:        |         |
| Assinatura:   |         |
| Tempo:        |         |
| Data entrega: | 22/8/91 |

Se este livro não for devolvido dentro do prazo regulamentar, o leitor ficará sujeito às penalidades do regulamento da biblioteca.

O prazo poderá ser prorrogado se não houver pedido para este documento.