

DNAEE - CGRH / CNPq

PEGI-GBF / ORSTOM

## **HiBAm : Hidrologia da Bacia Amazônica**

---

### **Quarta campanha de medições de vazão e amostragem de água e sedimentos na bacia do rio Solimões e no rio Amazonas**

Tabatinga ⇔ Manaus ⇔ Santarém  
Outubro e Novembro de 1995



Rio Amazonas em Óbidos

*José Mário Miranda Abdo*

Diretor do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

*Vinicius Fuzeira de Sá e Benevides*

Coordenador Geral de Recursos Hídricos

*Roberto Moreira Coimbra*

Chefe da Divisão de Controle de Recursos Hídricos

*Eurides de Oliveira*

Chefe do Serviço de Hidrologia

*Maurice Lourd*

Representante do ORSTOM no Brasil

*Jean Marie Fritsch*

Chefe da Unidade de Pesquisa ORSTOM UR22 - Montpellier

*Jacques Boulègue*

Chefe do Programa PEGI-GBF, Universidade de Paris M. Curie

---

**Edição do relatório**

Jean Loup Guyot

Naziano Pantoja Filizola

Valdemar Santos Guimarães

ORSTOM Brasília

DNAEE-CGRH Brasília

DNAEE-CGRH Brasília

---

Publicação HiBAm

Brasília

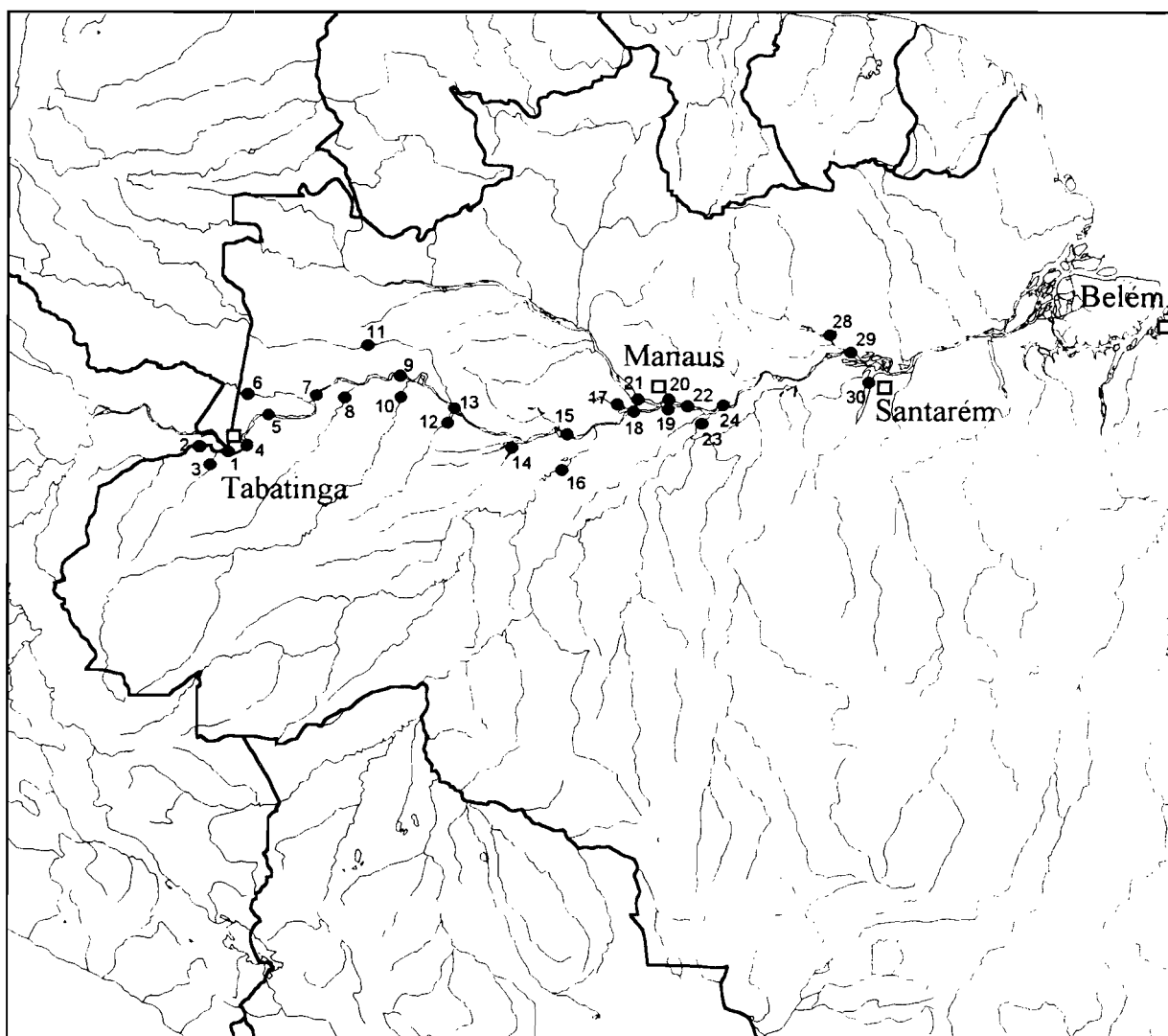
Novembro de 1996

## 1. INTRODUÇÃO

A quarta campanha de medição de vazão e amostragem de água e sedimentos, do programa HiBAm (DNAEE/CNPq/ORSTOM), foi realizada na bacia do rio Solimões - Amazonas no período Outubro e Novembro de 1995.

Os objetivos da campanha foram : 1. Medição de vazões nas estações fluviométricas da rede do DNAEE localizadas no rio Solimões - Amazonas e nas confluências de seus principais tributários ; 2. Amostragens de água e sedimento nos mesmos locais, desde a fronteira com a Colombia e Peru (Tabatinga) até Santarém.

A campanha, que mobilizou 14 técnicos durante 50 dias, foi financiada pelo ORSTOM e pelo DNAEE, com o apoio do CNPq, da CPRM e do programa de pesquisa PEGI-GBF (CNRS/ORSTOM França). Essa campanha permitiu realizar 104 medições de vazões em 24 estações, e efetuar amostragens de águas e sedimentos em 22 pontos (figura 1, tabelas 1 e 2).



**Figura 1 : Mapa de localização dos pontos amostragem (•)**

## **2. PARTICIPANTES**

### **Equipe Técnico-Científica**

- |                           |                              |
|---------------------------|------------------------------|
| ➤ CPRM Manaus             | João Bosco Alfena            |
| ➤ DNAEE/CGRH Brasília     | João Bosco Rondon Santos     |
|                           | Gutemberg Meneses Silva      |
|                           | Marcos Assis Rios            |
|                           | Naziano Pantoja Filizola Jr. |
|                           | Reginaldo Simões Longuinhos  |
| ➤ ORSTOM Brasília         | Jacques Callède              |
|                           | Jean Loup Guyot              |
| ➤ ORSTOM Piracicaba       | Patrick Seyler               |
| ➤ ORSTOM La Paz (Bolívia) | Laurence Maurice Bourgoïn    |
| ➤ PEGI-GBF (França)       | Christophe Lepoupon          |
|                           | Sylvie Castet                |
| ➤ SUDAM Belém             | Fernando Couto               |
|                           | Severino                     |
| ➤ UNESCO-PHI (França)     | Pierre Hubert                |

## **3. CRONOGRAMA**

### **12/10/95-24/10/95**

- Deslocamento no barco « Evandro III » de Manaus para Tabatinga.  
[Fernando, Gutemberg, Marcos, Reginaldo]

### **25/10/95**

- Chegada em Tabatinga [Jean Loup, Naziano, Patrick].

### **26/10/95**

- Medições de vazão e amostragem no rio Solimões em Tabatinga (Pt. B01).
- Deslocamento do barco de Tabatinga até Benjamin Constant.

### **27/10/95**

- Medições de vazão e amostragem nos rios Javari e Itaqui (Pt. B02 e B03).
- Deslocamento do barco até a estação de Terezina.
- Medições de vazão no rio Solimões em Terezina (Pt. B04).

### **28/10/95**

- Deslocamento do barco de Terezina até Santo Antônio do Içá.
- Medições de vazão e amostragem no rio Solimões em São Paulo de Olivença (Pt. B05).

### **29/10/95**

- Medições de vazão no rio Solimões em Santo Antônio do Içá.
- Deslocamento do barco de Santo Antônio do Içá até a estação de Ipiranga.

### **30/10/95**

- Deslocamento do barco de Santo Antônio do Içá até Ipiranga.

**31/10/95**

- Deslocamento do barco de Santo Antônio do Içá até Ipiranga.
- Medições de vazão e amostragem do rio Içá em Ipiranga (Pt B06).

**01/11/95**

- Deslocamento do barco de Ipiranga até Santo Antônio do Içá.

**02/11/95**

- Medições de vazão e amostragem do rio Solimões em Santo Antônio do Içá (Pt B07).
- Deslocamento do barco de Santo Antônio do Içá até a localidade denominada Foz do Jutai.

**03/11/95**

- Medições de vazão e amostragem do rio Jutai em Porto Antunes (Pt B08).
- Deslocamento do barco de Foz do Jutai até Fonte Boa.
- Medições de vazão e amostragem do rio Solimões em Fonte Boa (Pt B09).

**04/11/95**

- Medições de vazão e amostragem do rio Juruá na foz do Juruá (Pt B10).
- Deslocamento do barco da foz do Juruá até a estação de Jacitara.
- Medições de vazão e amostragem do rio Japurá em Jacitara (Pt B11).

**05/11/95**

- Deslocamento do barco de Jacitara até a estação de Tefé.

**06/11/95**

- Deslocamento do barco de Jacitara até Tefé.
- Amostragem no rio Tefé (Pt B12) e medições de vazão do rio Solimões a jusante de Tefé (Pt B13).

**07/11/95**

- Deslocamento do barco de Tefé até Itapéua.
- Medições de vazão e amostragem do rio Coari na cidade de Coari (Pt B14) e do rio Solimões em Itapéua (Pt B15).

**08/11/95**

- Deslocamento do barco de Itapéua até a estação de Arumã jusante.

**09/11/95**

- Deslocamento do barco de Itapéua até a estação de Arumã jusante.
- Medições de vazão e amostragem do rio Purus em Arumã jusante (Pt B16).

**10/11/95**

- Deslocamento do barco de Arumã até Manacapuru.
- Medições de vazão e amostragem dos rios Manacapuru (Pt B17) e Solimões em Manacapuru (Pt B18).

**11/11/95**

- Chegada em Manaus [Pierre].
- Medições de vazão no Parana do Careiro (Pt B19) e no rio Amazonas no Encontro das Águas (Pt B20).
- Deslocamento do barco até Manaus.

**12/11/95**

- Abastecimento do barco em Manaus.
- Saída de Manaus [Fernando, Jean Loup, Patrick, Pierre, Reginaldo].
- Chegada em Manaus [Christophe, Jacques, João Bosco, Laurence, Sylvie e Severino].

**13/11/95**

- Medições de vazão e amostragem no rio Negro em Manaus (Pt B21).

**14/11/95**

- Deslocamento do barco de Manaus até a Foz do Madeira.
- Medições de vazão do rio Amazonas na estação de Jatuarana (Pt B22).

**15/11/95**

- Medições de vazão e amostragem dos rios Madeira na Foz (Pt B23) e Amazonas na estação de Itacoatiara (Pt B24).
- Deslocamento do barco de Foz do Madeira até Oriximiná.

**16/11/95**

- Deslocamento do barco de Foz do Madeira até Oriximiná.
- Medições de vazão e amostragem do rio Trombetas em Oriximiná (Pt B28).

**17/11/95**

- Medições de vazão e amostragem do rio Amazonas em Óbidos (Pt B29).

**18/11/95**

- Deslocamento do barco de Óbidos até Santarém.
- Medições de vazão e amostragem do rio Tapajós em Santarém (Pt B30).

**19/11/95**

- Saída de Santarém [Christophe, Jacques, Laurence, Sylvie e Naziano].
- Deslocamento do barco de Santarém até Manaus.

**20-23/11/95**

- Deslocamento do barco de Santarém até Manaus.

**24/11/95**

- Medições de vazão do rio Negro em Manaus.

**25/11/95**

- Final da campanha em Manaus e retorno a Brasília.

#### **4. METODOS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS**

Para realizar a campanha de medições e coleta de amostras de água e sedimentos nos rios Solimões e Amazonas no Brasil foi alugado em Manaus, um barco de madeira tradicional, « Evandro III ».

##### **4.1. Medições de vazão**

A vazão foi medida com o um correntômetro acústico de efeito Doppler (ADCP/RDI) de frequência de 300 KHz. Este equipamento, ADCP, que permite a medição rápida da vazão de rios, com alta precisão, com pouco pessoal e em tempo bastante curto, foi adquirido pelo programa HiBAm (DNAEE-CNPq-ORSTOM) em 1994. O aparelho foi colocado na lateral do barco « Evandro III » por meio de uma estrutura especial de alumínio.

##### **4.2. Amostragem de água**

As amostragens para análises de água foram feitas a partir de uma voadeira, sempre a montante do barco « Evandro III » e no meio da seção de medição.

##### **4.3. Amostragem de matéria em suspensão**

As amostragens para sedimentos em suspensão foram feitas com um equipamento de amostragem pontual, especialmente desenvolvido para as campanhas do programa na Amazônia, batizado de « Callède I ». O referido amostrador possui um formato semelhante ao de um submarino com uma garrafa de PVC de 10 litros presa à sua parte inferior. A garrafa possui duas aberturas nas extremidades ligadas a um gatilho para desarme. O desarme do gatilho é feito com o lançamento de um peso (mensageiro). Quando o mensageiro toca o gatilho a garrafa se fecha, guardando no seu interior a água coletada à profundidade onde o amostrador se encontrar posicionado.

##### **4.4. Amostragem de sedimentos de fundo**

O « AMF-1 » é um amostrador de sedimentos de fundo com um peso de 50 Kg. Quando o amostrador toca o fundo, uma cunha de aço se fecha e pega 300 gr. de sedimentos.

##### **4.5. Medições físico-químicas « in situ »**

A temperatura e a condutividade da água foram medidas com um condutivímetro WTW LF 196, o pH com um pH-metro WTW pH 196, a turbidez com um turbidímetro HORIBA U-10, a partir da voadeira, durante a amostragem de água. A alcalinidade foi analisada no laboratório do barco « Evandro III » pelo método potenciométrico utilizando o pH-metro pH 196.

#### **4.6. Filtração das amostras**

As amostras foram filtradas no barco mesmo, com diferentes métodos. Para a determinação de matéria em suspensão (MES), foi utilizada uma rampa de filtração frontal com 6 unidades (Sartorius), ligada numa bomba de ar, com filtros de nitrato/acetato de celulose de 0.45  $\mu\text{m}$ . Para as amostras destinadas a análises de elementos dissolvidos, foram utilizadas unidades de filtração em PVC, com filtros de porosidade de 0.20  $\mu\text{m}$ . Para a determinação do carbono orgânico, foi utilizada uma unidade de filtração frontal de vidro, com filtros em fibra de vidro GFF.

### **5. RESULTADOS**

#### **5.1. Medições de vazão**

O período da campanha, Solimões'95, (Outubro-Novembro) é caracterizado por águas baixas nas bacias dos rios Solimões e Amazonas (Figura 2).

A localização (margens direita e esquerda) das seções de medição foi verificada com geoposicionamento por satélite (GPS) e plotadas nos mapas planimétricos do RADAMBRASIL na escala 1/250000 (Anexo 1).

Os resultados das 104 medições de vazão em 24 estações com correntômetro acústico de efeito Doppler (ADCP) de frequência de 300 Khz são resumidos na tabela 1, e os gráficos do software TRANSECT (RDI) encontram-se no anexo 2.

Numa mesma seção com varias medições, o desvio observado varia de 1 até 120%, em função das características da seção. A medição é boa (desvio  $dQ < 10\%$ ) quando a velocidade média na seção é  $> 0.5 \text{ m/s}$  e quando a parte da vazão realmente medida com o ADCP é  $> 50\%$  da vazão total. A maioria das medições de vazão apresentam um desvio  $dQ < 10\%$  durante esta campanha.

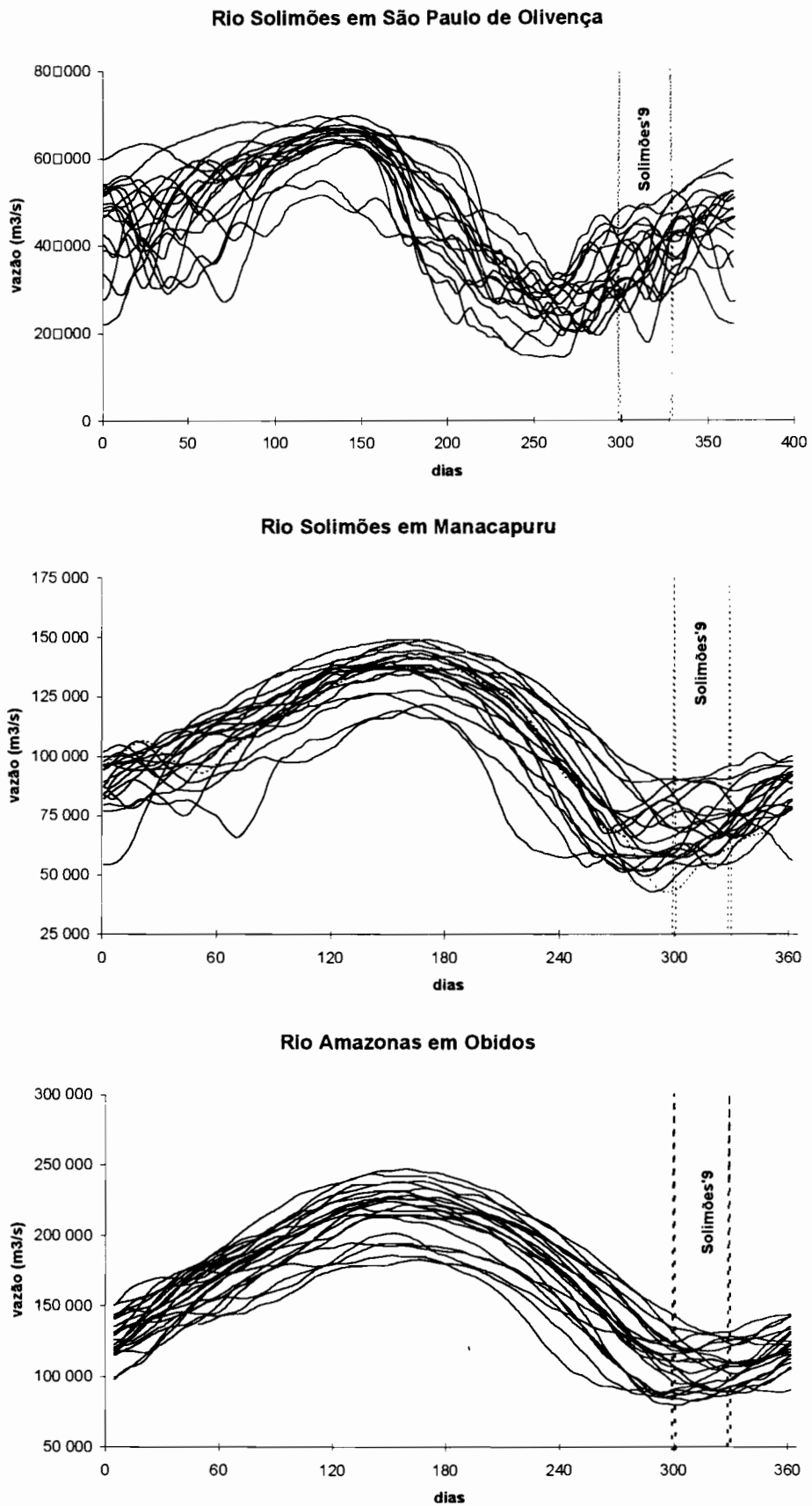
Para cada seção de medição de vazão, o anexo 2 apresenta 3 graficos que correspondem respectivamente a : - 1. o deslocamento do barco (traço vermelho) e velocidade na primeira celula, - 2. o perfil das velocidades na seção, - 3. o perfil das concentrações em sedimentos em suspensão na seção. Pelos graficos 2 e 3, as margens direita e esquerda do rio encontram-se representadas, respectivamente à direita e esquerda do gráfico.

Os resultados das campanhas do projeto HiBAm permitirão completar às curvas chaves das estações da rede do DNAEE (Figura 3).

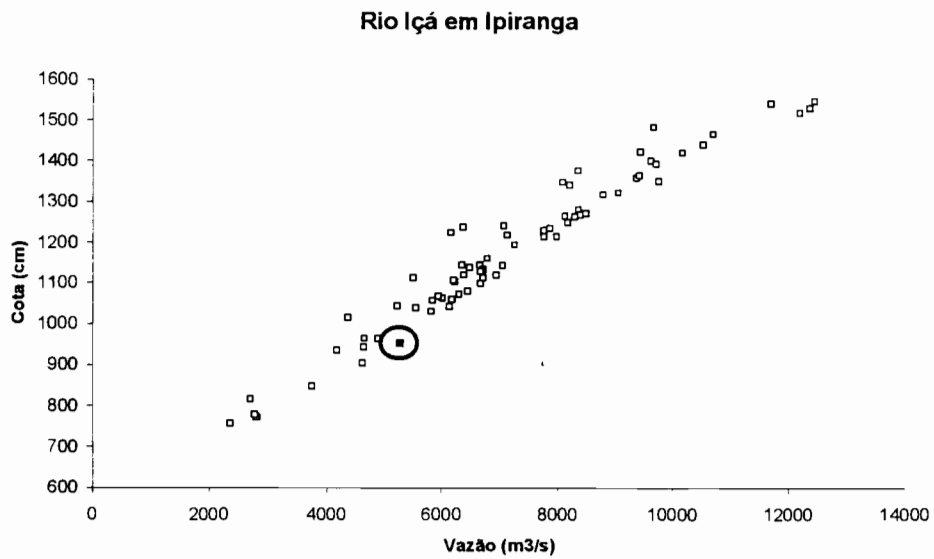
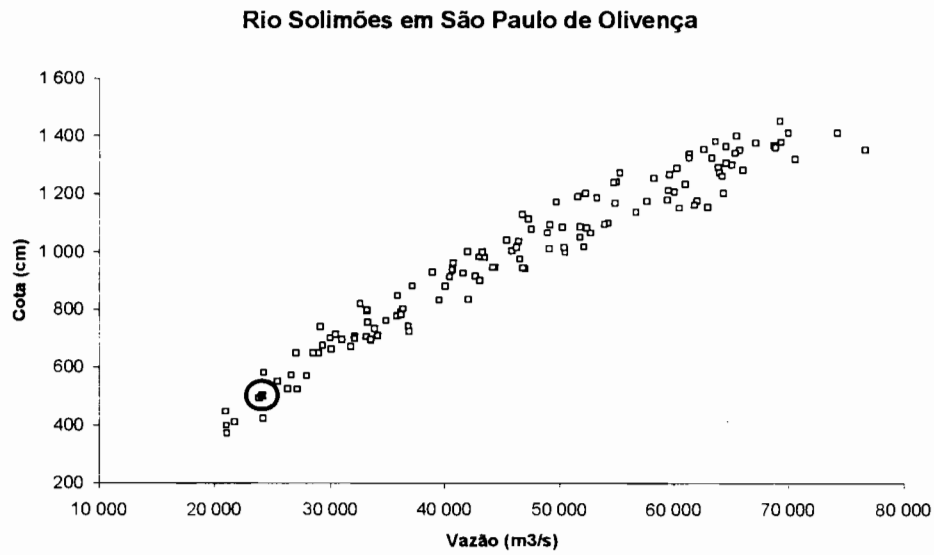
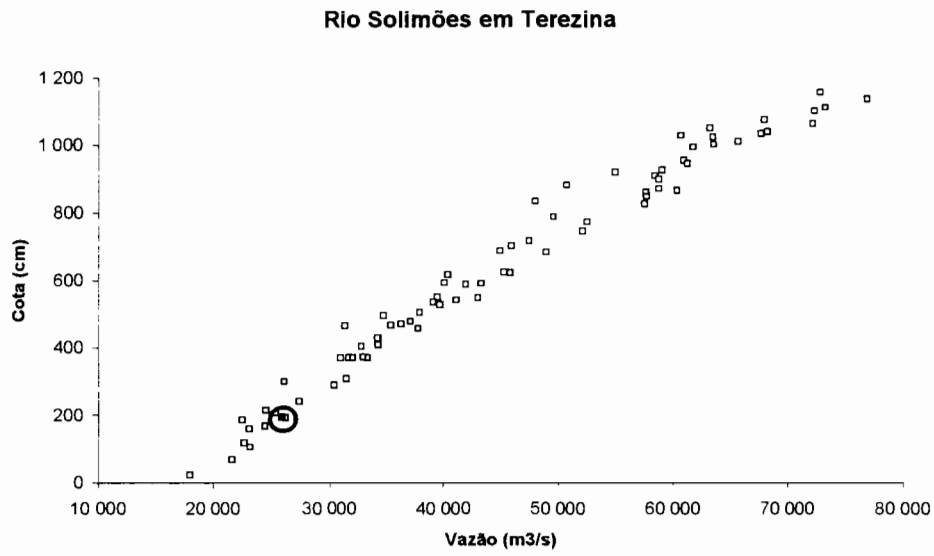


Tabela 1 : Resultados das medições de descarga líquida

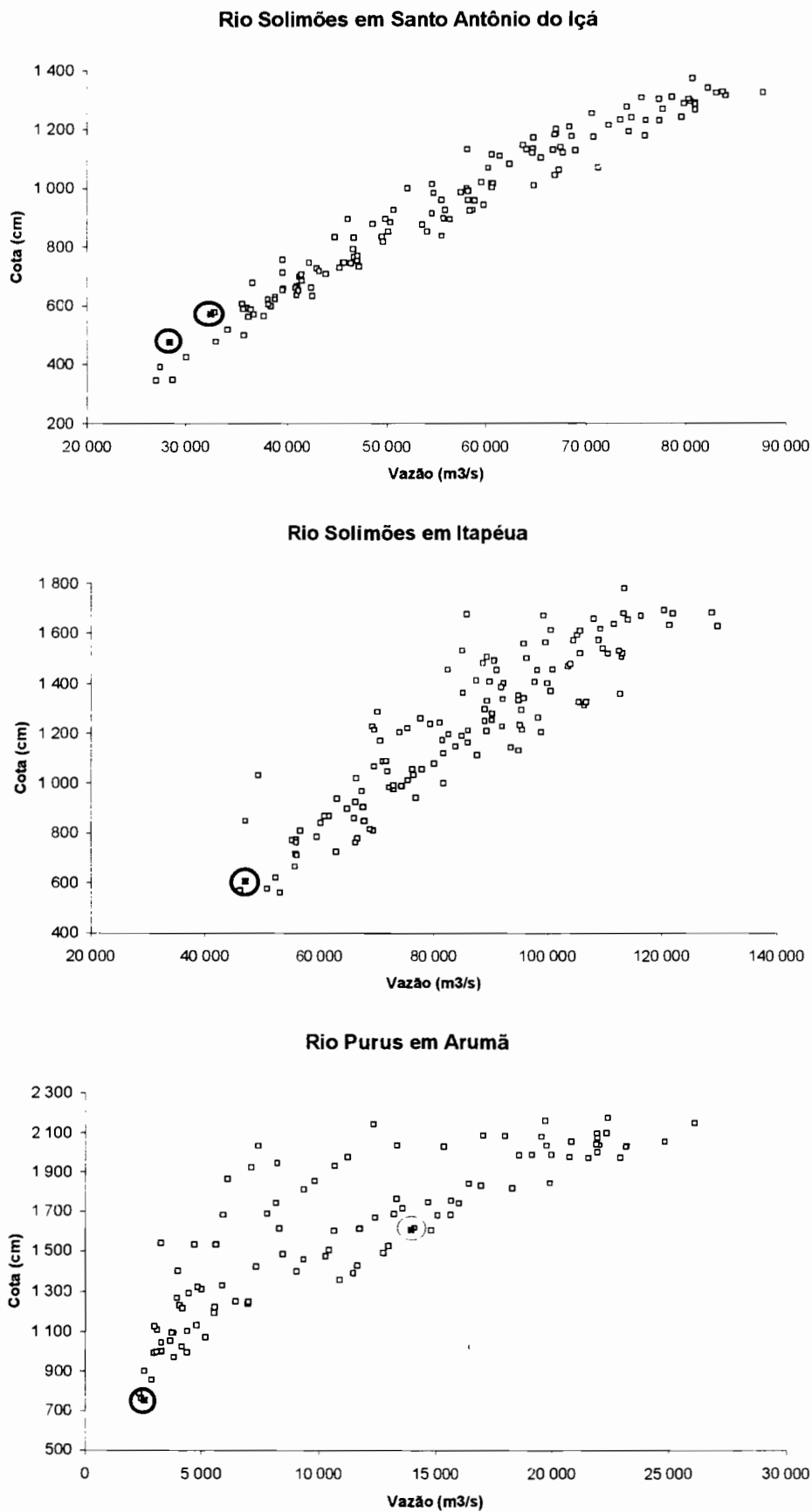
<b>Código</b>	<b>Rio</b>	<b>Estação</b>	<b>Data</b>	<b>Cota (cm)</b>	<b>Numero medições</b>	<b>Vazão (m3/s)</b>	<b>dQ (%)</b>
B01	Solimões	Tabatinga	26/10/95	338	4	20 115	6.6
B02	Javari	Foz do Itaquai	27/10/95	462	4	1 565	15.3
B03	Itaquai	Foz do Javari	27/10/95	462	4	793	6.3
B04	Solimões	Terezina	27/10/95	194	4	25 942	2.3
B05	Solimões	São Paulo de Olivença	28/10/95	501	4	24 251	3.3
B07	Solimões	Santo Antônio do Içá	29/10/95	476	4	28 733	3.4
B06	Içá	Ipiranga	31/10/95	952	4	5 354	5.1
	Solimões	Santo Antônio do Içá	02/11/95	571	4	32 539	5.4
B08	Jutai	Porto Antunes	03/11/95		4	1 143	29.0
B09	Solimões	Fonte Boa	03/11/95	1262	4	34 333	5.1
B10	Juruá	Foz do Juruá	04/11/95		4	1 045	24.6
B11	Japurá	Jacitara	04/11/95	718	4	10 264	8.4
B13	Solimões	Jusante de Tefé	06/11/95	297	4	47 212	2.9
B15	Solimões	Itapéua	07/11/95	606	4	46 847	1.3
B16	Purus	Arumã jusante	09/11/95	752	4	2 534	3.9
B18	Solimões	Manacapuru	10/11/95	665	4	52 477	3.2
B19	Parana	Careiro	11/11/95	372	4	2 547	4.0
B20	Amazonas	Encontro das Águas	11/11/95		4	60 105	6.0
B21	Negro	Manaus	13/11/95		4	12 311	24.4
B22	Amazonas	Jatuarana	14/11/95		4	63 518	2.3
B23	Madeira	Foz	15/11/95		4	5 132	19.1
B24	Amazonas	Itacoatiara	15/11/95		4	75 017	4.9
B28	Trombetas	Oriximiná	16/11/95	27	4	1 258	25.6
B29	Amazonas	Óbidos	17/11/95	23	6	81 090	4.2
B30	Tapajós	Alter do Chão	18/11/95	5	4	6 027	123.1
	Negro	Manaus	24/11/95		2	15 530	16.3
<b>TOTAL</b>					<b>104</b>		



**Figura 2** : Descarga líquida diária (do 01 de Janeiro até o 31 de Dezembro)



**Figura 3a** : O valor da medição de vazão nas curva-chaves das estações



**Figura 3b : O valor da medição de vazão nas curva-chaves das estações**

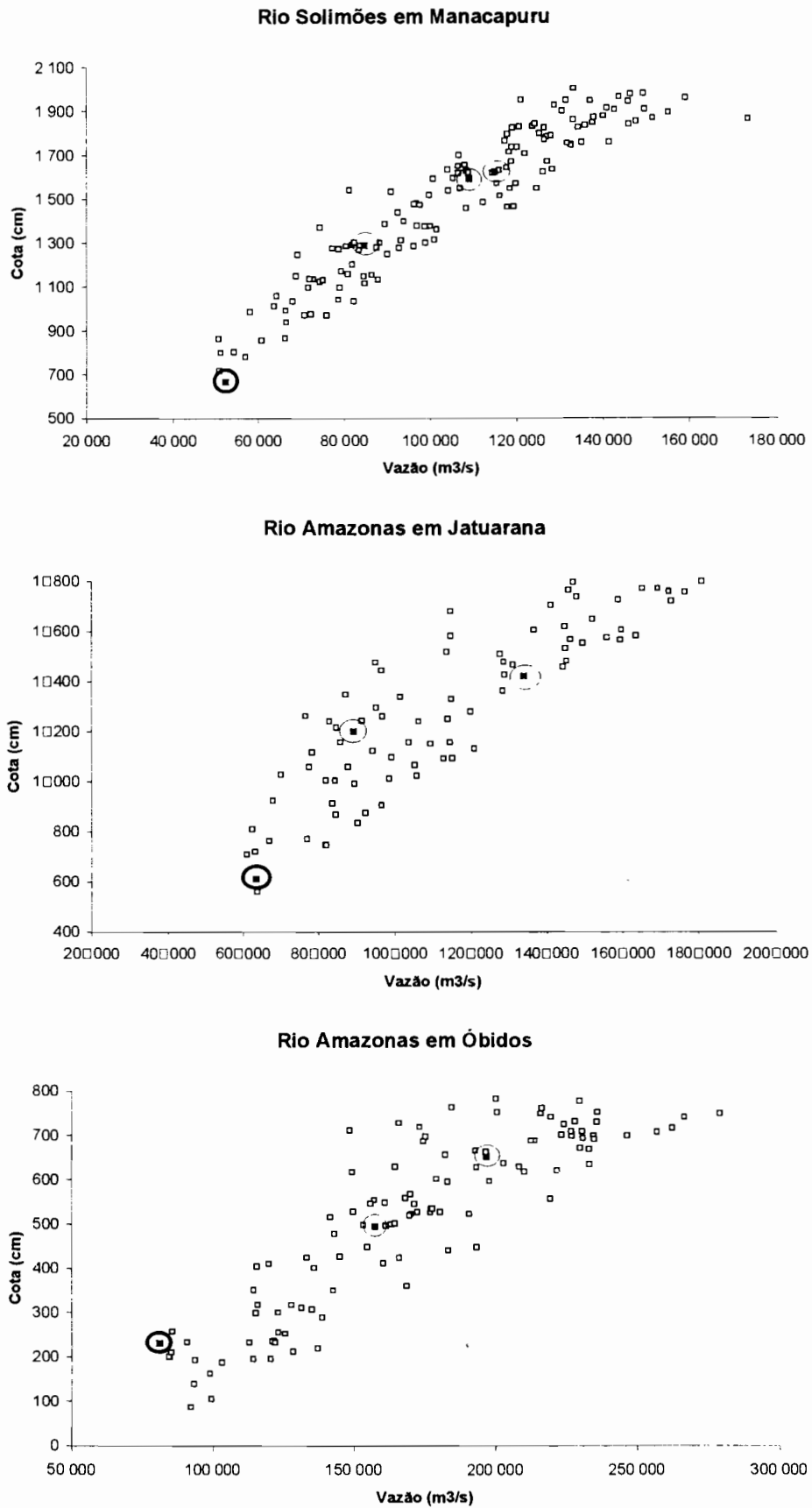


Figura 3c : O valor da medição de vazão nas curva-chaves das estações

**5.2. Amostragem das águas e dos sedimentos**

Durante a campanha 'Solimões 95', 22 pontos foram amostrados (Tabela 2). Quando foi possível, as vazões foram medidas com ADCP nos locais de amostragem.

Tabela 2 : Resultados das medições físico-químicas, e de MES

Cód.	Rio	Estação	Data	Vazão m <sup>3</sup> /s	Temp deg.C	Cond. µS/cm	pH	Turb. NTU	MES mg/l	HCO <sub>3</sub> mg/l
B1	Solimões	Tabatinga	26/10/95	20 115	30,1	289	6,4	156	166,5	50,0
B2	Javari	Foz do Itaquai	27/10/95	1 565	28,3	22	6,8		127,6	3,0
B3	Itaquai	Foz do Javari	27/10/95	793	28,5	26	6,1		148,3	3,5
B5	Solimões	S.P. de Olivença	28/10/95	24 251	29,7	212	7,1	122	74,5	50,0
B6	Icá	Ipiranga	31/10/95	5 354	28,2	29	7,2	59	41,4	24,3
B7	Solimões	S.A. do Icó	29/10/95	32 539	29,7	78	7,5	80	46,0	16,2
B8	Jutai	Porto Antunes	03/11/95	1 143	30,0	27	6,9	16	13,5	
B9	Solimões	Fonte Boa	03/11/95	34 333	29,4	154	7,2	110	60,9	36,8
B10	Juruá	Foz do Juruá	04/11/95	1 045	29,4	147	7,6	89	56,3	59,5
B11	Japurá	Jacitara	04/11/95	10 264	29,6	29	7,3	26	28,5	7,3
B12	Tefé	Tefé	06/11/95		29,3	20	7,7	35		5,0
B14	Coari	Coari	07/11/95		32,0	124	7,8	104	43,4	34,0
B15	Solimões	Itapéua	07/11/95	46 847	30,2	124	7,6	105	63,7	16,3
B16	Purus	Arumá jusante	09/11/95	2 534	31,8	68	7,7	62	38,6	21,5
B17	Manacapuru	Manacapuru	10/11/95		30,0	28	7,2	43	30,9	2,5
B18	Solimões	Manacapuru	10/11/95	52 477	29,6	123	7,0	113	127,1	30,5
B21	Negro	Manaus	13/11/95	12 311	29,3	15	6,7	8	8,9	1,3
B23	Madeira	Foz	15/11/95	5 132	29,6	103	7,3	30	21,3	27,5
B24	Amazonas	Itacoatiara	15/11/95	75 017	29,6	99	7,4	86	46,1	27,0
B28	Trombetas	Oriximina	16/11/95	1 258	30,7	17	7,4	6	14,8	5,5
B29	Amazonas	Obidos	17/11/95	81 090	29,6	91	6,6	56	44,2	23,5
B30	Tapajós	Alter do Chão	18/11/95	6 027	30,3	15	7,3	3	3,5	6,0

Os parâmetros físico-químicos da água (temperatura, condutividade, pH, turbidez) foram medidos 'in situ', na voadeira. A determinação da alcalinidade (teores em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) foi realizada no barco, depois da amostragem, com o método potenciométrico. Todas as amostras foram filtradas no próprio barco, com filtros de diferentes tipos e porosidades, em função dos tipos de análises a serem realizadas. As concentrações de matéria em suspensão (MES) foram determinadas no laboratório da Universidade de Brasília (UnB), depois da campanha, a partir dos filtros. As amostragens para análises de elementos traços também foram efetuadas na voadeira para evitar contaminação pelos gases do motor do barco.

Os resultados mostram boas relações entre turbidez e MES (Figura 4) e entre condutividade e alcalinidade (Figura 5).

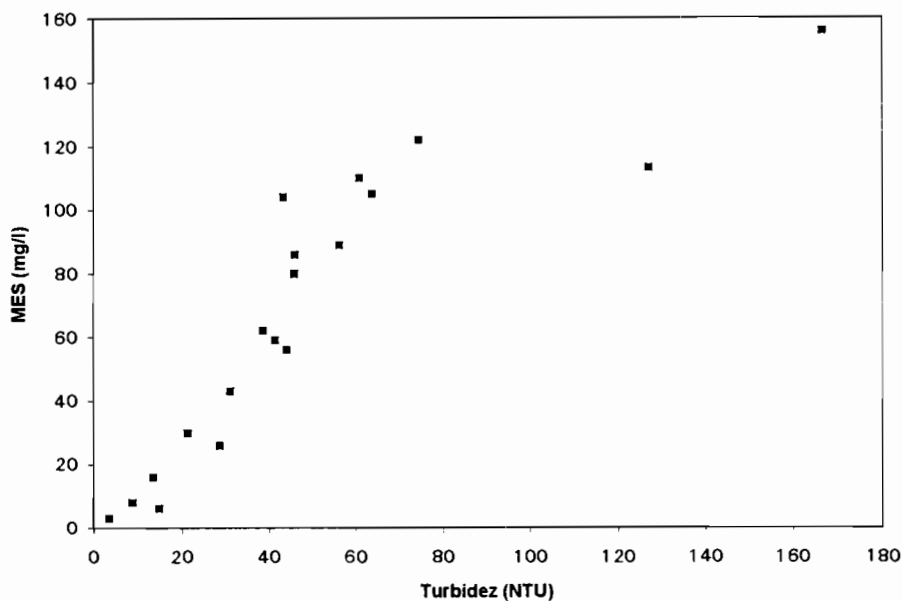


Figura 4 : MES vs. Turbidez

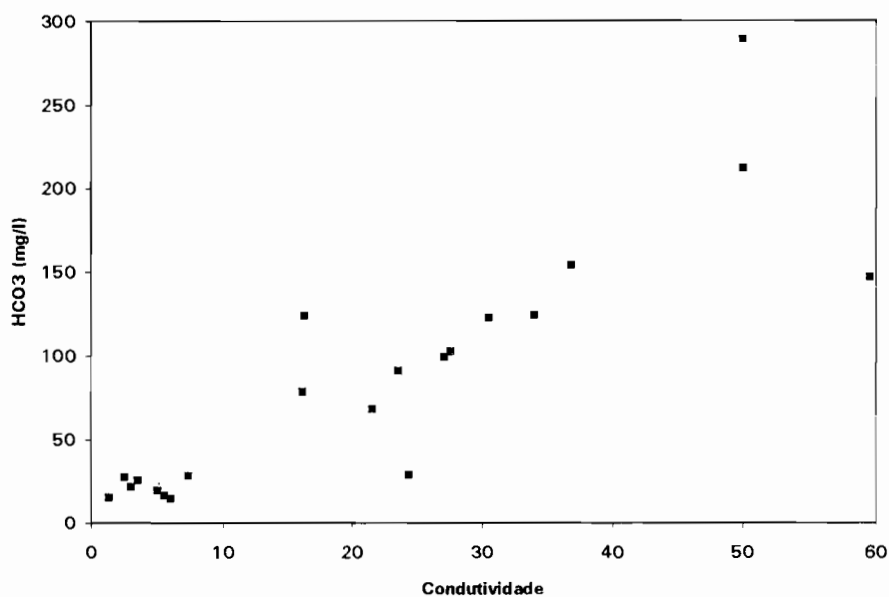


Figura 5 : HCO3 vs. Condutividade

## 6. CONCLUSÃO

Durante esta campanha Solimões 95, foram realizadas 104 medições de vazão em 24 estações fluviométricas, que permitam precisar as curvas-chaves destes locais. Amostras de água, matéria em suspensão e sedimentos foram coletadas em 22 locais.

Também foi dada continuidade ao treinamento dos técnicos do DNAEE e da CPRM nos métodos de medição de vazão com ADCP.

# **Anexo 1**

**Localização das estações de medição  
de vazão e dos pontos de amostragem**



## **Anexo 2**

<p><b>Gráficos das medições de vazão com ADCP</b></p>
---