Hidrologia da Bacia Amazônica
Hydrologie du Bassin Amazonien

ORSTOM \ CNPq \ ANEEL \ UnB

12ª Campanha de medições de vazão e amostragem de água na bacia do rio Negro e no rio Amazonas

São Gabriel da Cachoeira ⇨ Manaus ⇨ Santarém

Setembro - Outubro de 1998

Foto 1 : O rio Negro em Cucuí (AM) com a "pedra" de Cucuí

Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas
Superintendente de Estudos e Informações Hidrológicas
Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL

Eurides de Oliveira
Coordenador brasileiro do Programa HiBAm

Jean Loup Guyot
Coordenador francês do Programa HiBAm

Jean Marie Fritsch
Chefe da Unidade de Pesquisa ORSTOM UR2 - Montpellier

Maurice Lourd
Representante ORSTOM no Brasil

Edição do relatório

Alain Laraque	ORSTOM Brasília
Pascal Kosuth	ORSTOM Brasília
Naziano Filizola	ANEEL Brasília
Patrick Seyler	ORSTOM Brasília
Valdemar Santos Guimarães	ANEEL Brasília

Publicação HiBAm
Brasília

Novembro de 1998

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

2. PARTICIPANTES

3. CRONOGRAMA

4. MÉTODOS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS
4.1. Medições de vazão
4.2. Amostragens de água
4.3. Amostragens de matéria em suspensão
4.4. Medições físico-químicas " in situ "
4.5. Filtração das amostras

5. RESULTADOS
5.1. Vazão
5.2. Amostragem das águas e de matéria em suspensão

6. ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA DA REDE DE MEDIÇÕES DE MES

7. CONCLUSÃO
Anexo 1 : Abreviaturas usadas no texto
Anexo 2 : Fluxograma de amostragens e tratamento de dados
Anexo 3 : Localização das estações de medição de vazão e dos pontos de amostragem
Anexo 4 : Gráficos de medições de vazão com ADCP

Lista das figuras

Figura 1 : Localização da zona de estudo
Figura 2 (a, b, c, d) : Descarga líquida diária (do 01 de Janeiro até o 31 de Dezembro)
Figura 3 (a, b) : Os valores das medições de vazão nas curva-chaves das estações
Figura 4 : Evolução dos níveis e vazões medidos em Almeirim os dias 7 e 8/10/98
Figura 5 : Limnigramas (medições e reconstituíções) em Almeirim, Santarém e Óbidos
Figura 6 : Curvas de níveis e vazões em Almeirim – calagem de sinusóides
Figura 7 : Curva-chave do Amazonas em Almeirim para a maré do 7/10/98

Lista das tabelas

Tabela 1 : Resultados das medições de descarga líquida
Tabela 2 : Resultados das medições físico-químicas "in situ", e de "MES"

Lista das fotos

Foto 1 : Na capa : Rio Negro em Cucuí (AM) com a "pedra" de Cucuí
Foto 2 : Instalação do ADCP ao lado do barco CAP. DÁRIOS
Foto 3 : Resultados em tempo real no computador das medições com o ADCP
Foto 4 : Amostrador Callède I em operação no barco CAP. DÁRIOS
Foto 5 : Rampa de filtração das amostras d'água em funcionamento
Foto 6 : O amostrador de sedimento de fundo

1. INTRODUÇÃO

A décima segunda campanha de medição de vazão e amostragem de água e sedimentos do programa **HIBAm** (ANEEL/UnB/CNPq/ORSTOM) foi realizada na bacia do Rio Negro e no curso principal do Rio Solimões/Amazonas.

Os objetivos desta campanha foram :

1. Medir vazões nas estações fluviométricas da rede da ANEEL localizadas nas bacias objeto do estudo, tanto nos cursos principais quanto na confluência de seus principais tributários,
2. Amostrar água e matéria em suspensão nos mesmos locais, praticamente desde a cabeceira do Rio Negro (foto 1) até a foz do Rio Amazonas.

A campanha mobilizou 18 técnicos durante 60 dias, alem das quatro pessoas da tripulação e foi financiada pela ANEEL via a CPRM, com o apoio do CNPq, UnB, e do ORSTOM. Quatro pessoas participaram da campanha como convidados da diretoria da ANEEL, sendo uma engenheira da Escola Federal de Engenharia de Itajubá – EFEI, dois pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, o chefe substituto do Primeiro Distrito de Meteorologia do Amazonas/Acre e Roraima (INMET) e um convidado do ORSTOM, sendo um Professor da Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Civil.

Este levantamento de campo, permitiu realizar em 38 pontos de estudo, 70 medições de descarga líquida, 33 amostragens de águas, 10 amostras de sedimentos de fundo e 11 perfis de estudo da matéria em suspensão (com três verticais e uma media de cinco pontos de coletas por vertical). Para cada amostra foram determinados cinco parâmetros "in situ", o que totaliza 330 medições de qualidade da água no campo (figura 1, tabelas 1 e 2).

Foram percorridos cerca de 3 000 km de via fluvial em trechos trabalhados, ou seja não está incluido o deslocamento para início e término de campanha.

O anexo 1 apresenta a significação das abreviações usadas no texto e o anexo 2 mostra o fluxograma de amostragens e tratamento de dados seguido na campanha.

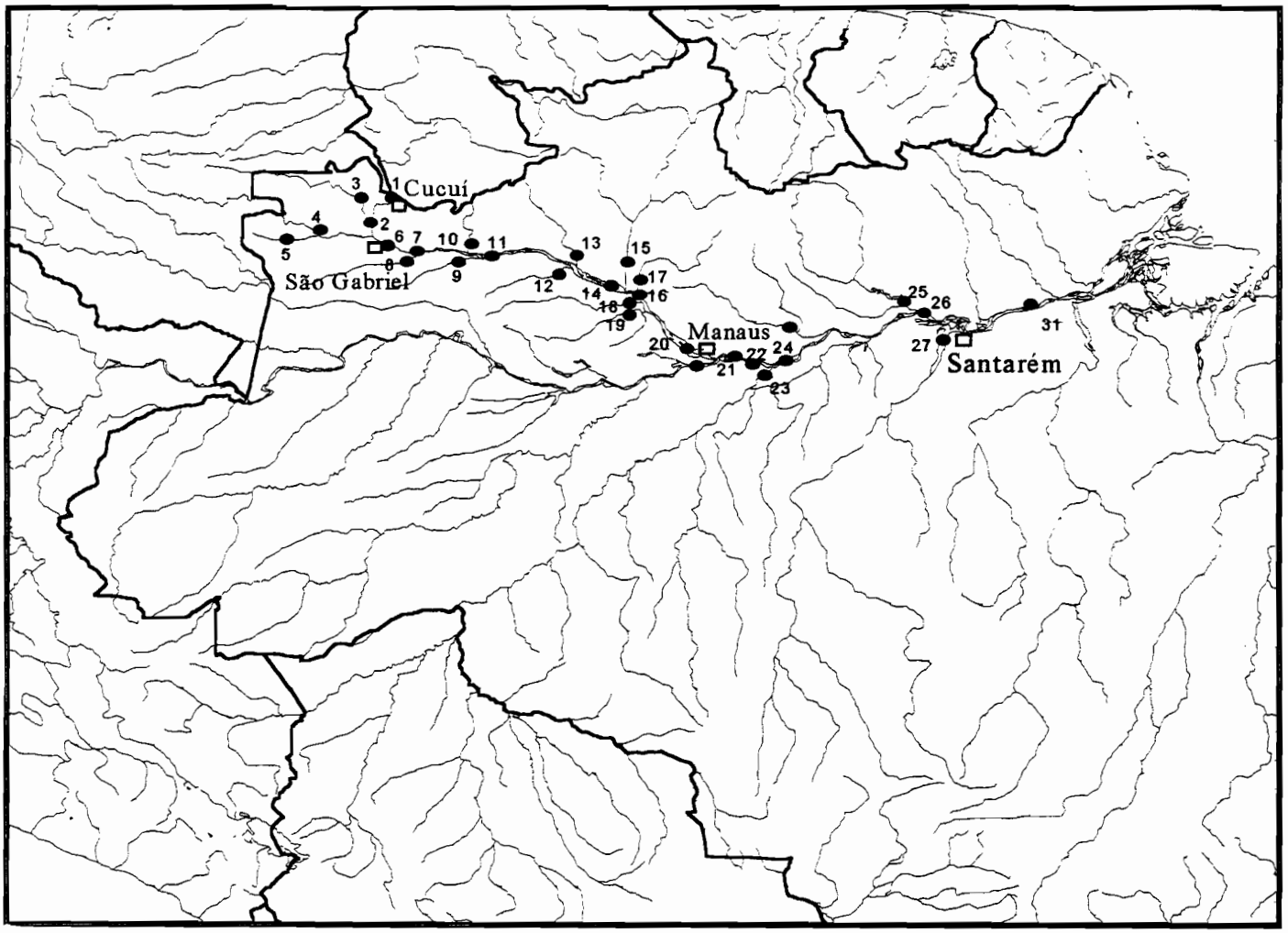


Figura 1 : Mapa de localização dos pontos de medição e amostragem (•)

J.-00 até J.05	:	*Alto Rio Negro*
J.15	:	*Rio Branco*
J.06 até J.20	:	*Rio Negro e afluentes*
J.36 até J.39	:	*Rio Solimões*
J.21 até J.31 e J.40	:	*Rio Amazonas e afluentes*
J.25	:	*Rio Trombetas*
J.27	:	*Rio Tapajós*
J.32	:	*Rio Xingu*

2. PARTICIPANTES

Equipe Técnico-Científica

FRANCA

➢ CNRS Paris	Marc Benedetti

BRASIL

➢ ANEEL Brasília	Gutemberg Menezes Silva
➢ ANEEL Brasília	Marcos Rios
➢ ANEEL Brasília	Naziano Pantoja Filizola
➢ ANEEL Brasília	Valdemar Santos Guimarães
➢ ANEEL Brasília	Alexandre de Brito Gonçalves
➢ ORSTOM Brasília	Alain Laraque
➢ ORSTOM Brasília	Jacques Callède
➢ ORSTOM Brasília	Patrick Seyler
➢ ORSTOM Brasília	Pascal Kosuth
➢ CPRM Manaus	João Bosco Alfenas
➢ UnB Brasilia	Vera Christiana Pereira Pastorino
➢ UnB Brasilia	Leo Soares

CONVIDADOS

➢ Geysa Tiburcio Caetano	EFEI Itajubá
➢ Hillândia Brandão da Cunha	INPA Manaus
➢ Ricardo Dallarosa Neto	INPA Manaus
➢ Veríssimo Farias de Assis	INMET Manaus
➢ Nabil Joseph Eid	UnB Brasilia

3. CRONOGRAMA

14/09/98

➢ Viagem de Brasília para Manaus de Marcos e Gut.

15/09/98

➢ Estada em Manaus para preparação de equipamento.

➢ Viagem de Brasília para Manaus de Alain, Patrick e Alexandre.

16/09/98

➢ Viagem de Manaus para São Gabriel da Cachoeira de Alain, Patrick, Alexandre e Gut.

➢ Deslocamento de voadeira de João Bosco, Alain, Patrick, Gut e Alexandre para o Alto Rio Negro até a Missão Assunção no rio Icana.

17/09/98

➢ Amostragens no Rio Icana em Missão Assunção com medições in situ e no poço de abastecimento em água daquela Missão.
Deslocamento de voadeira até Cucuí. Amostragem no Rio Negro, medições in situ e filtração da amostra, naquela localidade e manutenção de PCD.

18/09/98

➢ Deslocamento de voadeira da equipe até São Gabriel da Cachoeira com amostragem no Rio Negro e medições in situ como no mesmo rio em São Felipe. Filtração das amostras em São Gabriel.

19/09/98

➢ Deslocamento de voadeira da equipe até Taragua com amostragem no Rio Uaupes, medições in situ e filtração das amostras.

➢ Alexander fica em São Gabriel e faz a manutenção da PCD.

20/09/98

➢ Deslocamento da equipe (Alain, Patrick, João Bosco e Gut) de voadeira para amostragem no Rio Tiquié em Cumari e medição de dados in situ .

21/10/98

➢ Volta de voadeira da equipe até São Gabriel da Cachoeira.

22/11/98

➢ Chegada de Manaus do resto da equipe : Valdemar, Geysa, Marc, Hillândia, Veríssimo, Nabil e instalação no barco CAP DÁRIOS.

➢ Deslocamento de barco CAP DÁRIOS de São Gabriel da Cachoeira para descer o rio Negro e realizar amostragens nos Rios Negro em Curicuriari e Marié na foz. Amostragem de sedimentos de fundo.

23/12/98

➢ Medição de vazão e amostragem no Rio Negro em Serrinha. Realização das filtrações e preparação das amostras. Amostragem de sedimentos de fundo.
➢ Abertura da Estação " Serrinha " de referencia da rede de amostragem de MES do programa HiBAm.
➢ Manutenção de PCD em Serrinha.

24/09/98

➢ Realização de amostragens nos Rios Padauari em Taperi e Cuiuni na Ponta da Terra. Realização das filtrações e preparação das amostras.

25/09/98

➢ Realização de amostragens nos Rios Demini em Jalauaca, Branco na Foz e Negro a montante da foz com o rio Branco.
Realização das filtrações e preparação das amostras. Amostragem de sedimentos de fundo.

26/09/98

➢ Medição de vazão e amostragem do Rio Negro em Moura e Jauaperi na foz. Realização das filtrações e preparação das amostras. Amostragem de sedimentos de fundo.
Manutenção de PCD em Moura.

27/09/98

➢ Amostragem dos Rios Inini na foz e Jaú na foz. Realização das filtrações e preparação das amostras.
➢ Chegada do resto da equipe a Manaus (Naziano e Jacques) em procedência de Brasília.

28/09/98

➢ Medição de vazão e amostragem no Rio Negro em Paricatuba.
Realização das filtrações e preparação das amostras. Amostragem de sedimentos de fundo.
➢ Saída de avião do Alain de Manaus para Tabatinga.

29/30/98

➢ Saída de Cristiana, Gut e Marc para Manacapuru com o carro do INMET.

➢ Amostragem no Rio Solimões em Manacapuru.

➢ Fiscalização por Gut da Estação de referencia " Manacapuru " no rio Solimões dentre da rede de amostragem de "MES" do programma HiBAm.

➢ Abertura por Alain, da Estação de referencia " Tabatinga " no rio Solimões dentre da rede de amostragem de MES do programa HiBAm.

➢ Amostragens por Alain nos Rios Javari na foz e Solimões em Tabatinga, no canal central como no Paraná, o qual esta no momento da visita em fase de colmatasse pelos sedimentos.

30/09/98

➢ Em Manaus, Naziano e Ricardo do INPA embarcam no barco CAP DÁRIOS.

➢ Medição de vazão e amostragem do Paraná em Careiro e do Amazonas em Jatuarana.

➢ Retorno de avião do Alain de Tabatinga para Manaus. Amostragem de sedimentos de fundo.

1/10/98

➢ Chegada em Manaus do Pascal e do Léo em procedência de Brasília. Os dois com o Alain irão de ônibus para chegar até Itacoatiara, encontrar a equipe do barco CAP. DÁRIOS.

➢ Medição de vazão e amostragem do Rio Madeira na foz e Amazonas em Itacoatiara. Realização das filtrações e preparação das amostras. Amostragem de sedimentos de fundo.

2/10/98

➢ Deslocamento do barco CAP DARIOS até Parintins e medição de vazão em ponto fixo amarado no cais do porto.

3/10/98

➢ Medição de vazão e amostragem do Rio Trombetas em Oriximina. Realização das filtrações e preparação das amostras. Amostragem de sedimentos de fundo.

4/10/98

➢ Medição de vazão e amostragem do Rio Trombetas em Oriximina. Realização das filtrações e preparação das amostras.
Chegada em Óbidos.

5/10/98

➢ Medição de vazão e amostragem do Rio Amazonas em Óbidos. Realização das filtrações e preparação das amostras. Amostragem de sedimentos de fundo. Estudo do efeito da maré.
Deslocamento do barco para Santarém. Medição de vazão e amostragem do Rio Tapajós em Alter do Chão. Realização das filtrações e preparação das amostras.

6/10/98

➢ Retorno de avião do Alain de Santarem para Brasília via Manaus e do Marcos para Paris via Manaus e São Paulo.

➢ Deslocamento do Barco CAP DARIOS para Almeirim.

7/10/98

➢ Medição de vazão e amostragem do Rio Amazonas em Almeirim. Realização das filtrações e preparação das amostras. Estudo do efeito da maré.

8/10/98

➢ Continuação das medições de vazão do Rio Amazonas em Almeirim para o estudo do efeito da maré, incluindo um perfil em frente a Santarém e medição de vazão no Paraná de Alenquer.

9/10/98

➢ Retorno do barco CAP DÁRIOS para Manaus.

10/10/98

➢ Medição de vazão do Rio Amazonas em Óbidos.

11 e 12/10/98

➢ Retorno do barco CAP DÁRIOS e chegada em Manaus.

13/10/98

➢ . Segunda visita de fiscalização do Gut para Manacapuru.

14/10/98

➢ Despacho do material da campanha em Manaus.

15/10/98

➢ Retorno de Marcos e Gut para Brasília. Encerramento da campanha.

4. METODOS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Para a realização da 12ª Campanha HiBAm, de medições de vazões e coleta de amostras de água e sedimentos nas Bacias dos Rios Negro e Amazonas, foi alugado, em Manaus, um barco de madeira de estilo tradicional, o "CAP. DÁRIOS".

A localização exata (margens direita e esquerda) das seções de medição de vazão, bem como dos pontos de amostragem (latitude, longitude), foi verificada com geoposicionamento por satélite ou GPS (MAGELLAN 2000) e plotada nos mapas planimétricos do RADAMBRASIL na escala 1/250 000 (Anexo 3).

4.1. Medições de vazão

A vazão foi medida com o um corrêntometro acústico de efeito Doppler (ADCP/RDI) com freqüência de 300 Khz. Este equipamento, ADCP, que permite a medição rápida da vazão de rios, com alta precisão, pouco pessoal e em tempo, bastante curto, foi adquirido pelo programa HiBAm em 1994. O aparelho foi colocado na lateral do barco 'CAP DÁRIOS' por meio de uma estrutura especial de alumínio, para os rios de grande porte (foto 2 e 3).

4.2. Amostragem de materia 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 " (foto 4). O referido amostrador apresenta 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 a profundidade onde o amostrador se encontrar posicionado.

Em geral as verticais de amostragem são localizadas a 25%, 50% e 75% do comprimento da seção de medição de vazão.

Foto 2 : Instalação do ADCP ao lado do barco CAP. DÁRIOS

Foto 3 : Resultados em tempo real no computador das medições com o ADCP

Foto 4 : O Amostrador CALLEDE I em operação no barco CAP. DÁRIOS

Foto 5 : Rampa de filtração das amostras d'água em funcionamento

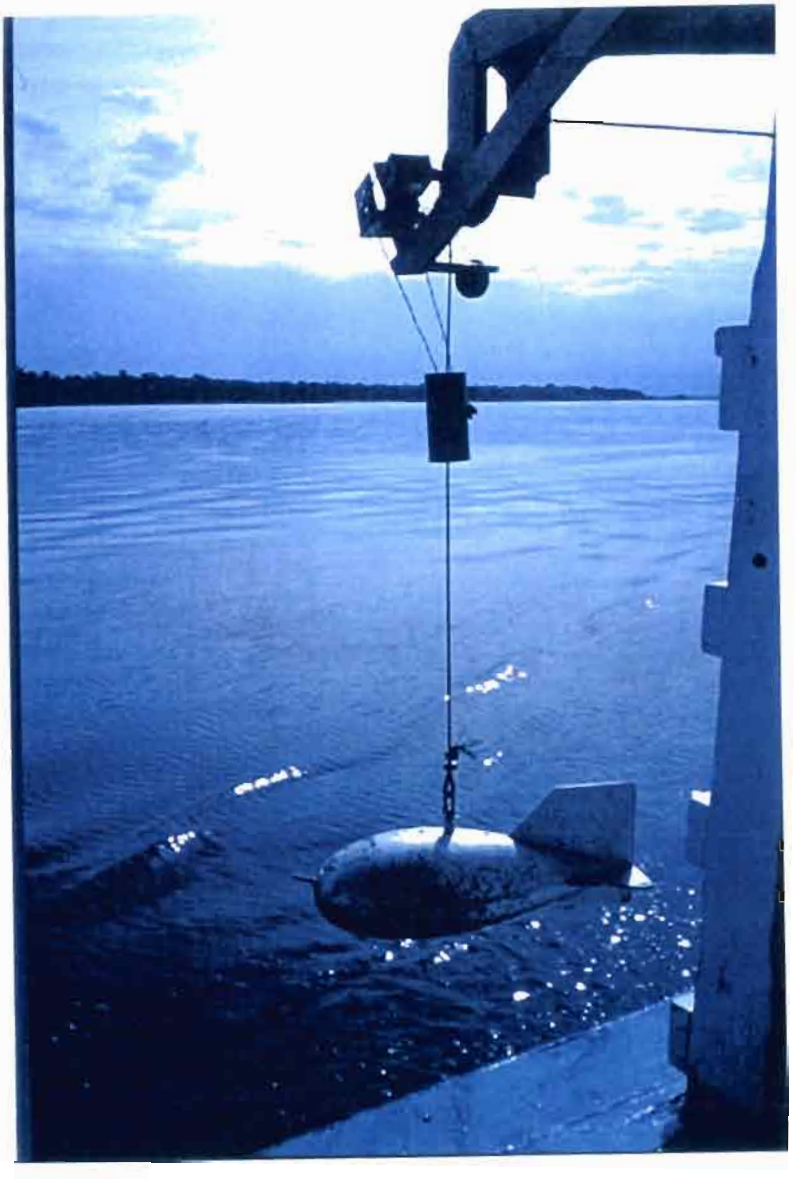


Foto 6: Amostrador de sedimentos de fundo

4.3. Amostragem de água

No Brasil, as amostragens para análises específicas (carbono, traços,...) de água foram feitas a partir de uma voadeira posicionada contra a correnteza, sempre a montante do barco "CAP DÁRIOS", para evitar contaminação pelos gases do seu motor.

Com a voadeira sempre colocada no meio da seção de medição, são realizadas três lavagens de cada garrafa com a água do próprio rio, antes da amostragem

Em função do tipo de amostragem, utiliza-se :

- uma garrafa de dois litros para o estudo da matéria em suspensão, da matéria dissolvida e para a dosagem da alcalinidade,
- uma garrafa de vidro de um litro, para o carbono particular e o carbono dissolvido,
- uma garrafa de PVC de meio litro, com uso de luvas de plástico, para os elementos traço.

4.4. Medições físico-químicas " in situ"

A temperatura e a condutividade da água foram medidas com um condutivímetro WTW LF 318, o pH com um pH-metro WTW pH 320, a turbidez com um turbidímetro HORIBA U-10, tomadas da voadeira, durante a amostragem de água. A alcalinidade foi analisada no laboratorio do barco "CAP DÁRÍOS" pelo método potenciométrico utilizando o pH-metro pH 320 (foto 5).

4.5. Filtrações das amostras

Depois de uma passagem em uma peneira de porosidade de 50 µm, de cada amostra d'água, para isolar as areias e o sedimento grosso, todas as amostras foram filtradas no mesmo dia da coleta, por diferentes métodos. Em seguida, as aliqüotas foram conservadas dentro de um freezer.

Para a determinação de **matéria em suspensão (MES)** foi utilizada uma rampa de filtração frontal com 6 unidades (Sartorius), ligada a uma bomba de ar, com filtros de nitrato/acetato de celulose de 0.45 µm de porosidade. Em geral deve-se filtrar um litro de água, mas quando a água está bem carregada em MES a filtração é bem lenta, neste caso foram filtrados três quartos ou meio litro de água.

Para as amostras destinadas a análises de **elementos dissolvidos maiores**, foram utilizadas unidades de filtração em PVC, com filtros de porosidade de 0.22 µm.

Para as amostras destinadas a análises de **elementos-traço**, foram utilizadas unidades de filtração em PVC, com filtros de porosidade de 0.20 µm. A amostra final foi acidificado com HNO_3 (12 M).

Para a determinação do **carbono particulado e do carbono dissolvido**, foi utilizada uma unidade de filtração frontal de vidro, com filtros de fibra de vidro GFF. A uma alíqüota de 20 ml foram acrescentadas duas gotas de uma solução de nitrato de amonium dentro de um tubo de vidro envolto em papel alumínio. A filtração se fez dentro de uma capela de fluxo de ar laminar, utilizando-se luvas de plástico e jaleco para evitar contaminação.

5. RESULTADOS

5.1. Medições de vazão

O período da campanha, Negro'98, (Setembro-Outubro) é caracterizado por a descida das águas dos Rios Negro e Solimões/Amazonas. (Figura 2).

A localização (margens direita e esquerda) das seções de medição foi verificada com geoposicionamento por satélite (GPS) que foi plotada nos mapas planimétricos do RADAMBRASIL na escala 1/250 000 (Anexo 3).

Os resultados das medições de vazão realizadas nas estações, onde o percurso foi realizado via fluvial, utilizando-se do correntômetro acústico de efeito Doppler (ADCP), com freqüência de 300 Khz encontram-se resumidos na tabela 1, e os gráficos do software TRANSECT (RDI) encontram-se no anexo 4.

A metodologia utilizada prevê que numa mesma seção com várias medições, tome-se a média aritmética entre elas como o valor definitivo. O desvio padrão observado entre essas medições variou de 0,17% até 7,52%, em função das características da seção.

A medição é considerada boa (desvio dQ < 5%) quando a velocidade média na seção é maior que 0,4 m/s e quando a parte da vazão realmente medida com o ADCP supera 50% da vazão total. Durante esta campanha, as medições de vazão apresentam um desvio médio de dQ < 1,75% (cf. tab. 1).

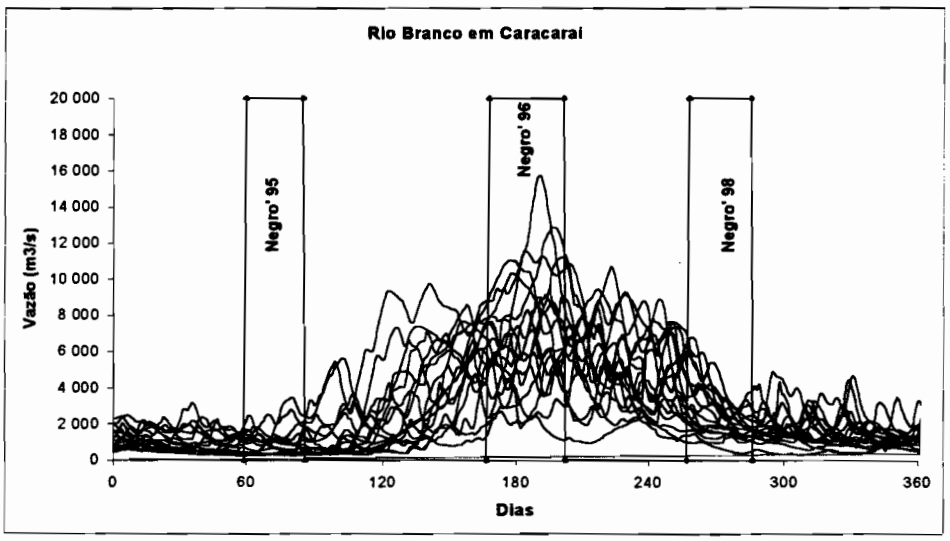
Tabela 1 : Resultados das medições de descarga líquida

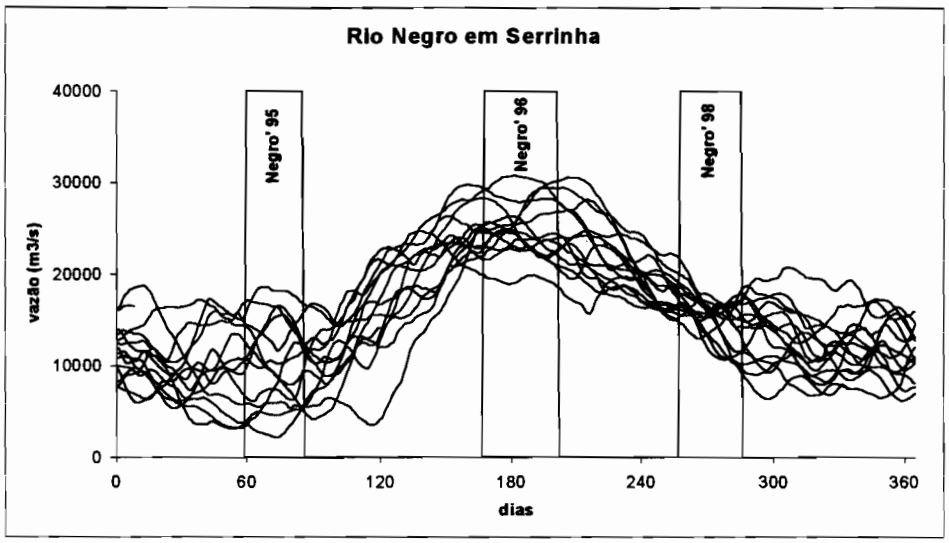
código amostra	rio	estação	código ANEEL	data 1998	cota (cm)	largura (m)	vazão (m3.s-1)	num. Med.	dQ (%)
J07	Negro	Curicuriari	14330000	22-sept	1041	1286	12380	4	1.59
J10	Negro	Serrinha	14420000	23-sept	744	1872	17330	5	0.23
J14	Negro	Foz do Rio Branco		25-sept		2291	22380	5	0.88
J16	Negro	Moura	14840000	26-sept	707	3290	25730	3	0.40
J20	Negro	Paricatuba	14990000	28-sept		3004	30650	3	0.40
J21	Paraná	Careiro	15040000	30-sept	590	700	4500	3	1.68
J22	Amazonas	Jatuarana	15030000	30-sept	759	2570	74360	4	0.56
J23	Madeira	na foz		1-oct		1679	5980	5	3.67
J24	Amazonas	Itacoatiara	16030000	1-oct		1612	88690	4	0.96
J25	Trombetas	Oriximina	16900000	3-oct	141	609	1700	4	7.52
J25b	Trombetas	Montante Ilha Jacitara		3-oct		1500	410	2	3.78
J25c	Trombetas	Jusante Ilha Jacitara		3-oct		2230	600	1	/
J25c'	Nhamunda	na Foz		3-oct		225	1000	1	/
J26	Amazonas	Óbidos	17050000	4-oct	122	2333	98690	4	0.89
J27	Tapajós	Alter do Chão	17835000	5-oct		13536	2630	1	/
J31	Amazonas	Almeirim		7-oct		*	*	12	/
J40	Amazonas	Santarem		8-oct		*	*	7	/
J41	Amazonas	Óbidos	17050000	10-oct	102	2270	90920	2	0.17

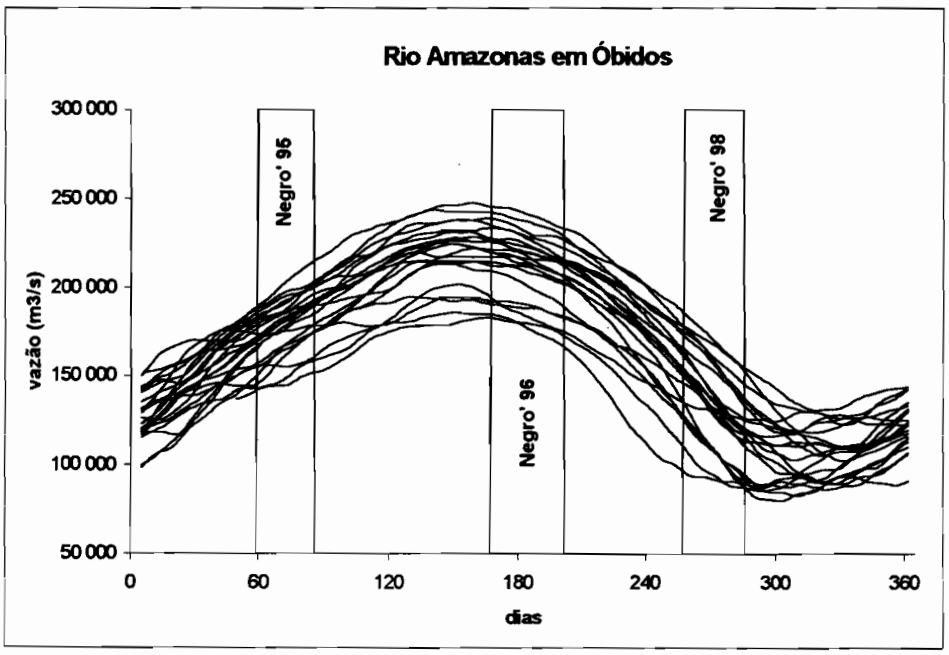
(*) = vazão variável por efeito da maré

Total : 17 seções ; 70 perfis; média dQ = 1,75 %

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







Em função das características das seções de medições, se utiliza diferentes tipos de configuração do ADCP. Para profundidades de menos de 15 metros fui usado a configuração HIBAM1.CFG (com células de 100 cm) e para profundidades de mais de 15 metros, fui usada HIBAM.CFG com células de 200 cm.
Em geral, sempre fui usado o arquivo de configuração HIBAM.CFG. Caso contrario, o nome HIBAM1.CFG esta indicado ao lado do resultado de vazão. Esse ultimo arquivo fui usado principalmente para o rio Negro.
Para cada seção de medição de vazão, o anexo 4 apresenta 3 gráficos que correspondem respectivamente a :

1) o deslocamento do barco (traço vermelho) com as linhas de velocidades na primeira camada de células (traços azuis),
2) o perfil das velocidades na seção,
3) o perfil das concentrações em sedimentos em suspensão na seção.

Nos gráficos 2 e 3, as margens esquerda e direita do rio encontram-se representadas, respectivamente à esquerda e direita do gráfico.

1. Rio Negro em Curicuriari : 22/09/98 – 12 360 $m^3.s^{-1}$ com HIBAM1.CFG.
⇨ Boa seção de medição.
⇨ O resultado da medição de vazão com ADCP permitiu colocar um segundo ponto na curva-chave que é também o primeiro na parte média (cf. fig.3).

2. Rio Negro em Serrinha : 23/09/98 – 17 300 $m^3.s^{-1}$ com HIBAM1.CFG.
⇨ Boa seção de medição.
⇨ O resultado da medição de vazão com ADCP permitiu colocar um segundo ponto na curva-chave que é também o primeiro na parte média (cf. fig.3).

3. Rio Negro a montante da foz do Rio Branco : 25/09/98 – 22 390 $m^3.s^{-1}$ com HIBAM1.CFG.
⇨ Boa seção de medição.
⇨ Nesse lugar foram também realizados diferentes testes ADCP com barco fazendo laços na seção.

4. Rio Negro em Moura : 26/09/98 – 25 880 $m^3.s^{-1}$ com HIBAM1.CFG.
⇨ Distribuição heterogênea dos sedimentos em suspensão entre a margem esquerda mais carregada com águas brancas em procedência do Rio Branco e o resto da seção correspondente as águas pretas (pouco carregadas em matéria em suspensão) do rio Negro.
⇨ A diferença entre as vazões do rio Negro em Moura e a montante da foz com o rio Branco, permite avaliar com uma boa precisão a vazão do rio Branco na foz.
⇨ Depois da analise dos perfis ADCP de repartição das MES, se nota que a mistura das águas dos rios Branco e Negro não esta totalmente realizada. Então, para a rede MES HiBAm, e aconselavel deslocar essa estação de referencia mais a jusante perto de Paricatuba.

5. Rio Negro em Paricatuba : 28/09/98 – 30 640 $m^3.s^{-1}$.
⇨ Boa seção de medição com velocidades fracas da correnteza devido a influencia do barramento hidráulico do rio Solimões.
⇨ Em esse lugar foram também realizados diferentes testes ADCP com barco ancorado.

6. Paraná Careiro em Careiro : 30/10/98 – 4 500 $m^3.s^{-1}$.
⇨ Boa seção de medição.

7. Rio Amazonas em Jatuarana : 30/10/98 – 74 360 $m^3.s^{-1}$.
⇨ O resultado da medição de vazão com ADCP permitiu colocar um segundo ponto na parte inferior da curva-chave (cf. fig.3).
⇨ Boa seção de medição, com uma distribuição bastante homogênea dos sedimentos em suspensão.

8. Rio Madeira na Foz : 01/10/98 – 6 030 $m^3.s^{-1}$.
⇨ Boa seção de medição.

9. Rio Amazonas em Itacoatiara : 01/10/98 – 88 700 $m^3.s^{-1}$.
⇨ Boa seção de medição.

10. Rio Amazonas em Parintins : 02/10/98.
⇨ Foram realizados testes ADCP com barco ancorado.

11. Rio Trombetas em Oriximina : 03/10/98 – 1 700 $m^3.s^{-1}$.
12. Rio Trombetas a montante ilha Jacitara : 03/10/98 – 410 $m^3.s^{-1}$.
13. Rio Trombetas a jusante ilha Jacitara : 03/10/98 – 598 $m^3.s^{-1}$.
14. Rio Nhamunda na foz : 03/10/98 – 955 $m^3.s^{-1}$.

Preciso estudar juntos esses 4 perfis para bem entender os fenomenos hídrologicos dessa zona :
⇨ Em frente de Oriximina na margem direita do rio Trombetas (Cf. fig. J.25), se encontra uma chegada d'água barrenta em procedência do Nhamunda (Cf. fig. J.25c'), afluente com pouca largura (185 metros), mais de velocidade e de vazão bem mais importante que os do rio Trombetas a montante da confluência (respetivamente 60 $cm.s^{-1}$ e 1000 $m^3.s^{-1}$ em frente de menos de 10 $cm.s^{-1}$ e 600 $m^3.s^{-1}$ - Cf. fig. J.25b e J.25c).
Essa chegada se nota na dissimetria lateral do perfil de velocidade (J.25) com maiores valores na parte direita em comparação com os perfis a montante da confluência (J.25b e J.25c). Do ponto da repartição das MES se nota a mesma observação : a água barrenta do Nhamunda (J.25c') altera a estratificação vertical dos perfis do Trombetas, (comparar os perfis a jusante e a montante da confluência nas figuras J.25b e J.25c).

A diferencia de cerca de 100 $m^3.s^{-1}$ entre as vazões do rio Trombetas em Oriximina e a soma das vazões do Nhamunda e do Trombetas a montante daquela confluência resulta

da imprecisão do tipo de ADCP usado (com uma freqüência de 300 KHz), que não seja bem apropriado para medições de rios pouco profundos.

15. Rio Amazonas em Óbidos : 04/10/98 – 98 690 $m^3.s^{-1}$.

⇨ Boa seção de medição.

⇨ O resultado da medição de vazão com ADCP permitiu colocar um novo ponto na parte inferior da curva-chave (cf. fig.3).

16. Rio Tapajós em Alter do Chão : 05/10/98 – 2 630 $m^3.s^{-1}$.

⇨ Seção de medição extremamente larga com velocidade muita baixa devido ao efeito de barramento hidráulico do Rio Amazonas.

17. Rio Amazonas em Almeirim : 07/10/98 – de 29 900 até 131 100 $m^3.s^{-1}$.

⇨ Para essa seção de medição totalmente sob influencia da maré, a vazão passou de 30 000 até 130 000 $m^3.s^{-1}$ em sete horas. As figuras J.31a e J.31b mostram uma diferencia de velocidade de 1 $m.s^{-1}$ entre esses dois momentos, com uma inversão da correnteza na margem esquerda (pouca profunda) quando a vazão esta a mais fraca. A repartição das velocidades parece similar entre esses dois eventos extremos, mas a repartição das "MES", indica uma certa sedimentação quando a velocidade baixa sob influencia da maré.

Um resumo desse estudo esta apresentado no capitulo 6.

18. Rio Amazonas em Santarem : 08/10/98 – 90 930 $m^3.s^{-1}$.

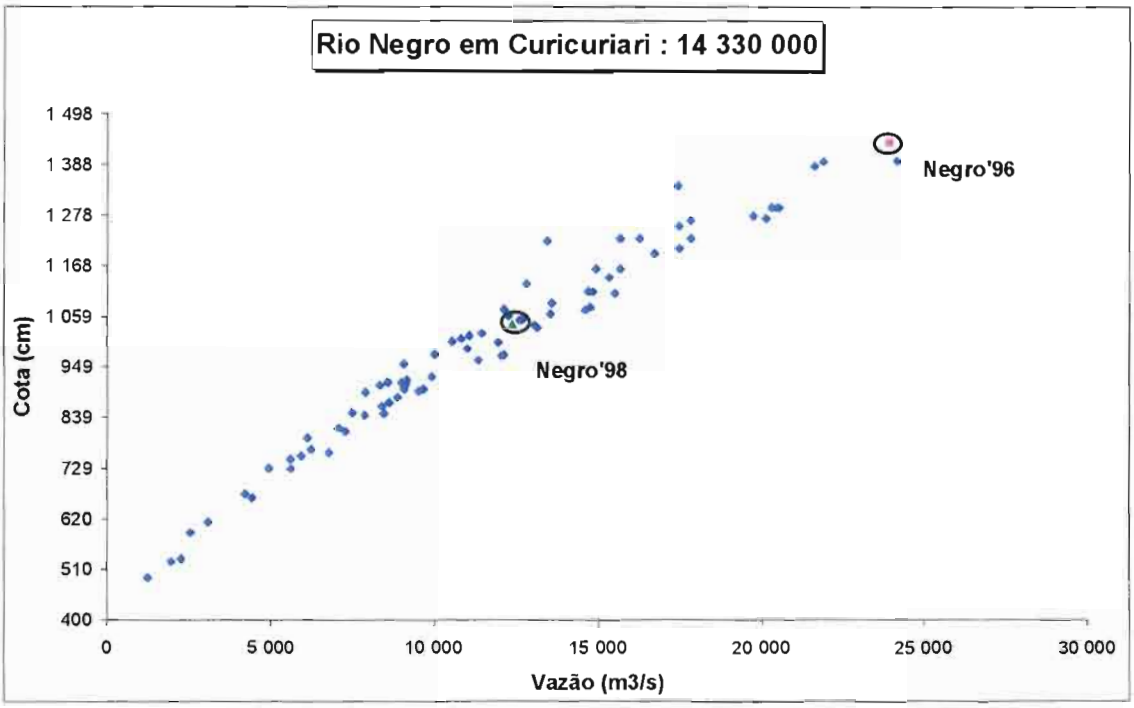
⇨ Seção de medição irregular.

Conclusão

Cumprindo um dos objetivos das campanhas do projeto HiBAm, os dados "Negro'98" permitirão completar as curvas-chaves das estações da rede do ANEEL (Figuras 3), as vezes em partes características como nos casos de Curicuriari e Serrinha, com pontos na zona media das curvas.

Inclusive foram feitos diferentes testes com o ADCP no Rio Negro a montante da foz do rio Branco, no rio Negro em Paricatuba, e no rio Amazonas em Parintins, para avaliar a precisão do material em diferentes condições de uso, como para avaliar a influencia dos fundos moveis. Enfim um primeiro estudo do efeito da maré fui feito a jusante de Óbidos.

Figura 3 : Valores das medições de vazão com ADCP nas curva-chaves das estações



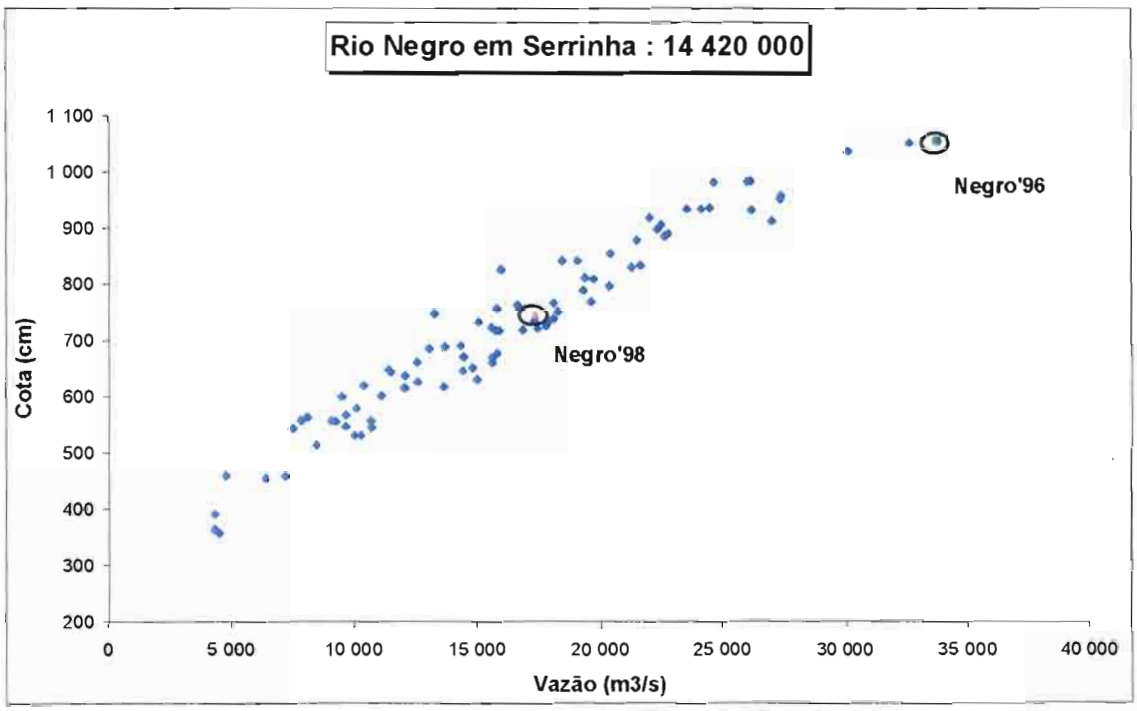
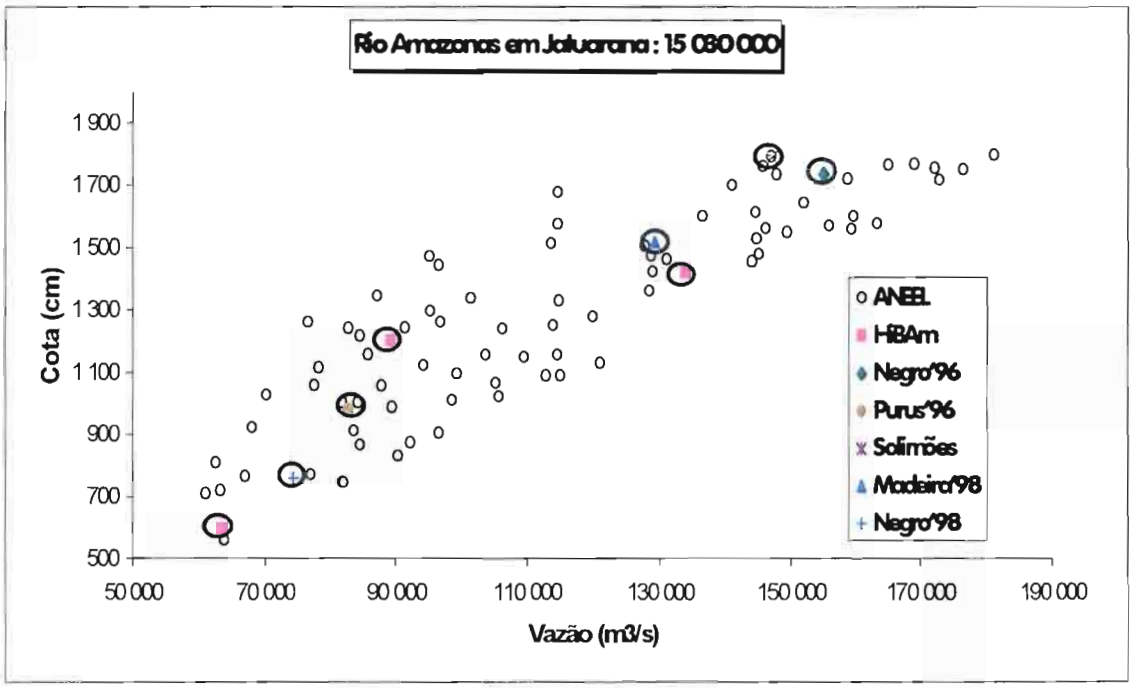
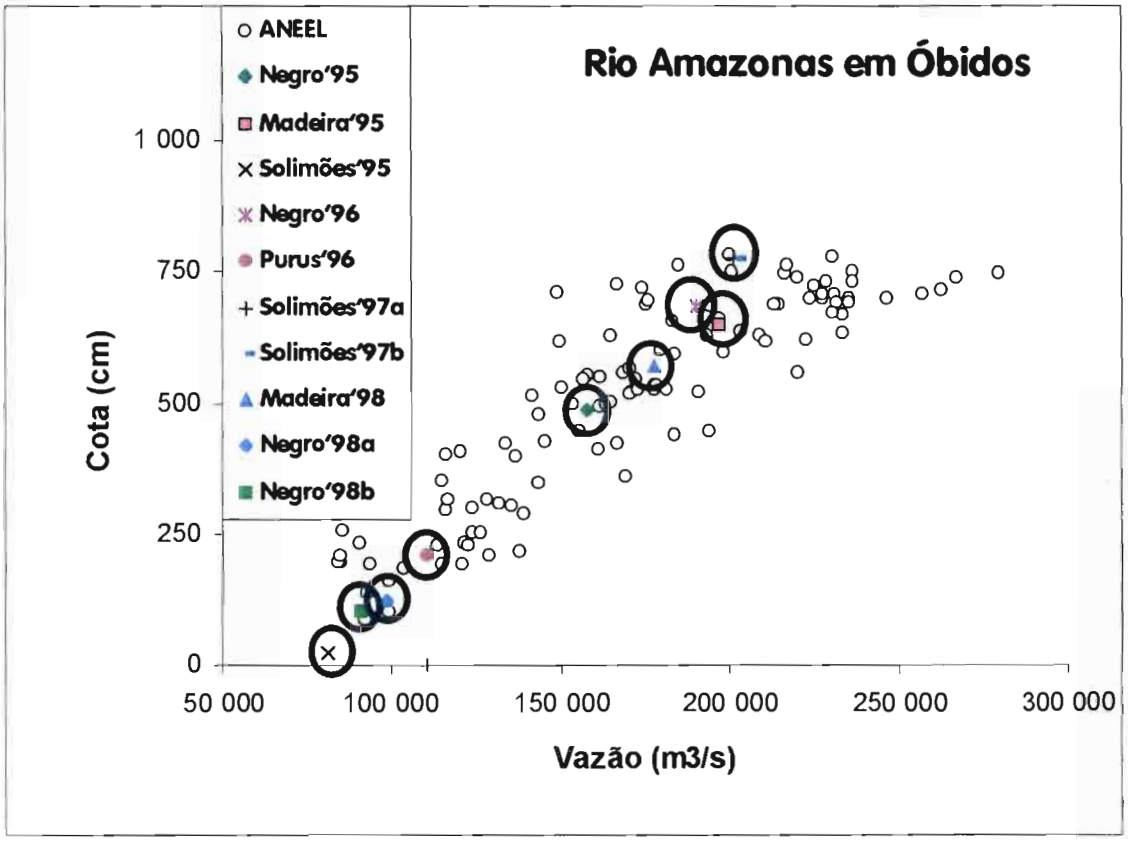


Figura 3 : Valores das medições de vazão com ADCP nas curva-chaves das estações





5.2. Amostragem das águas e dos sedimentos

Durante a campanha 'Negro 98', 33 pontos foram amostrados para analise da água e 11 perfis foram realizados para o estudo da repartição espacial dos sedimentos (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
(são apresentadas unicamente as medições de superficie)

código amostra	rio	estação	data 1998	vazão m3/s	temp °C	CE uS/cm	turb. NTU	pH	MES[3] mg/l	HCO3 mg/l
J03	Icana	Missão Icana	17-sept		26.4	15.9	3	4.3	3.9	0
J00	Poço Missão	Missão Assunção	17-sept		28.2	22		4.6	/	0
J01	Negro	Cucui	17-sept		28	11.1	3	4.5	6.1	0
J02	Negro	São Felipe	18-sept		28.2	16.2	3	4.4	1.6	0
J06	Negro	São Gabriel	18-sept		28.9	12.3	3	4.5	4.9	0
J003	Igarapé	Taragua	19-sept		26.8	20.5	3	4.2	/	0
J04	Uaupés	Taragua	19-sept		28.4	6.8	3	4.7	12.8	0
J05	Tiquié	Cunuri	20-sept		26.7	5.8	12	4.8	/	0
J07 [2]	Negro	Curicuriari	22-sept	12380	27.4	9	4	4.0	1.2	0
J08	Curicuriari	Cachoeira do Cajú	22-sept		27.3	21	2	4.0	0	0
J09	Marié	na Foz	22-sept		27.8	22.3	2	4.0	0	0
J10 [2]	Negro	Serrinha	23-sept	17330	28.8	14	2	4.3	1.5	0
J11	Padauari	Tapera	24-sept		26.9	17.5	3	4.2	2.5	0
J12	Cuiuni	Ponta da Terra	24-sept		29.1	10.4	1	4.6	5.2	0
J13	Demini	Jalauaca	25-sept		28.6	11.4	7	5.1	5.7	0
J15	Branco	na Foz	25-sept	3350 [1]	30.6	20.9	4	6.4	21.5	15.3
J14 [2]	Negro	Foz Rio Branco	25-sept	22380	30.2	11	2	4.4	/	0
J16 [2]	Negro	Moura	26-sept	25730	29.7	13	3	4.3	3.4	0
J17	Jauaperi	na Foz	26-sept		30.5	14.2	6	5.9	7.2	7.9
J18	Unini	na Foz	27-sept		29.8	10.9	5	5.1	11.5	1.8
J19	Jaú	na Foz	27-sept		32.7	14.3	5	5.8	9.5	3.0
J20 [2]	Negro	Paricatuba	28-sept	30650	30.3	10.2	4	4.6	2.5	0
J36	Solimões	Manacapuru	29-sept		30.6	94.1	63	5.9	/	53.7
J37	Paraná	Tabatinga	29-sept		29.8	231		7.5	46.7	205.0
J38	Javari	na Foz	29-sept		30.3	36.4		6.7	52.0	34.2
J39	Solimões	Tabatinga	29-sept		30.2	231		7.5	114.5	240.3
J22 [2]	Amazonas	Jatuarana	30-sept	74360	30.6	41	35	6.4	27.0	46.3
J23 [2]	Madeira	na Foz	1-oct	5980	30.4	78	60	7.3	34.5	79.9
J24	Amazonas	Itacoatiara	1-oct	88690	29.8	70	55	6.8	28.2	61.0
J25 [2]	Trombetas	Oriximina	3-oct	1700		18		6.2	4.9	9.1
J26	Amazonas	Óbidos	4-oct	98690	31.3	55.1	34	6.8	18.4	26.2
J27 [2]	Tapajos	Alter do Chão	5-oct	2630	31	16.4	3	6.9	3.1	10.4
J31	Amazonas	Almeirim	7-oct	84480	31.1	52.5	33	6.9	25.0	39.0

[1] = différencia entre J16 e J14
[2] = amostragem de sedimentos de fundo
[3] = Filtração com filtros de 0,22 um de porosidade

Os valores de MES apresentadas na tabela 2, correspondem às partículas de tamanho compreendido entre 0,22 e 50 µm das amostras recolhidas a partir da voadeira, a um metro da superfície no meio da seção onde estão estudados os perfis. As filtrações a 50 µm, a 0,45 e a 0,22 µm foram realizadas no barco enquanto a secagem em uma estufa, a 105°C, e a pesagem, em balança de precisão (Sartorius), foi realizada após a campanha, a partir dos filtros no laboratório da Agência Nacional do Petróleo – ANP, que gentilmente cedeu suas instalações para que os trabalhos pudessem ser realizados, para a determinação das concentrações de material em suspensão (MES).

Os parâmetros físico-químicos da água (temperatura, condutividade, pH, turbidez) foram medidos 'in loco', a partir de uma "voadeira". A determinação da alcalinidade (teores em HCO_3^-) foi realizada no laboratório instalado no barco Cap. Dários, depois da amostragem, através do método potenciométrico. As amostragens para análises de elementos-traços também foram efetuadas a partir de uma "voadeira" para evitar contaminação pôr gases do motor do barco. As amostragens de sedimentos de fundos foram feitas com um amostrador do tipo USD 49 (foto 6).

6. ESTUDO ESPECÍFICO DA INFLUÊNCIA DA MARÉ NO REGIME DO RIO AMAZONAS.

Um primeiro estudo específico, relacionado à influência da maré, no regime do Rio Amazonas foi realizado em Óbidos (dias 5 e 6/10), Almeirim (dias 7 e 8/10) e Santarém (dias 8 e 9/10) (ver os perfis ADCP das medições J.31 e J.40).

A figura 4 mostra a defasagem das curvas de cota e de vazão. Em cerca de oito horas, a diminuição da vazão foi de 100 000 $m^3.s^{-1}$, enquanto o aumento da cota foi de 1,3 metros, entre os períodos de maré baixa e de maré alta. Em Óbidos, de um ciclo de maré a outro, se nota uma ligeira oscilação negativa nas cotas de 5 cm/dia devido a continuação da vazante do rio durante a época da medição.

A influencia da maré é bem maior em Almeirim do que em Santarém e Óbidos. A figura 5 mostra a defasagem no tempo, dos ciclos em decorrência da maré. Nas três estações hidrométricas estudadas, o ciclo dura 12h30. Os picos respectivos estão, por exemplo: às 8 hs em Almeirim, 14 hs em Santarém (a 250 km de Almeirim) e 18 hs em Óbidos (a 380 km de Almeirim).

Na hipótese de as três estações estarem no mesmo ciclo de maré, a propagação da onda de maré a montante foi avaliada em cerca de 35/40 $km.h^{-1}$ e o volume d'água retido/liberado, avaliado em cerca de 700.10^6 m^3, nos dias da medição.

Outra observação é a característica não senoidal das curvas de nível e vazão em Almeirim. A comparação da curva de Almeirim com uma senóide do tipo "maré" é bastante coincidente durante o período de subida das águas. Porém, no período de vazante, o nível diminui mais lentamente em função de uma vazão que não cresce de maneira suficientemente rápida (fig. 6), como conseqüência de uma liberação mais lenta da água retida nos reservatórios marginais (leito, pequenos lagos marginais, etc.).

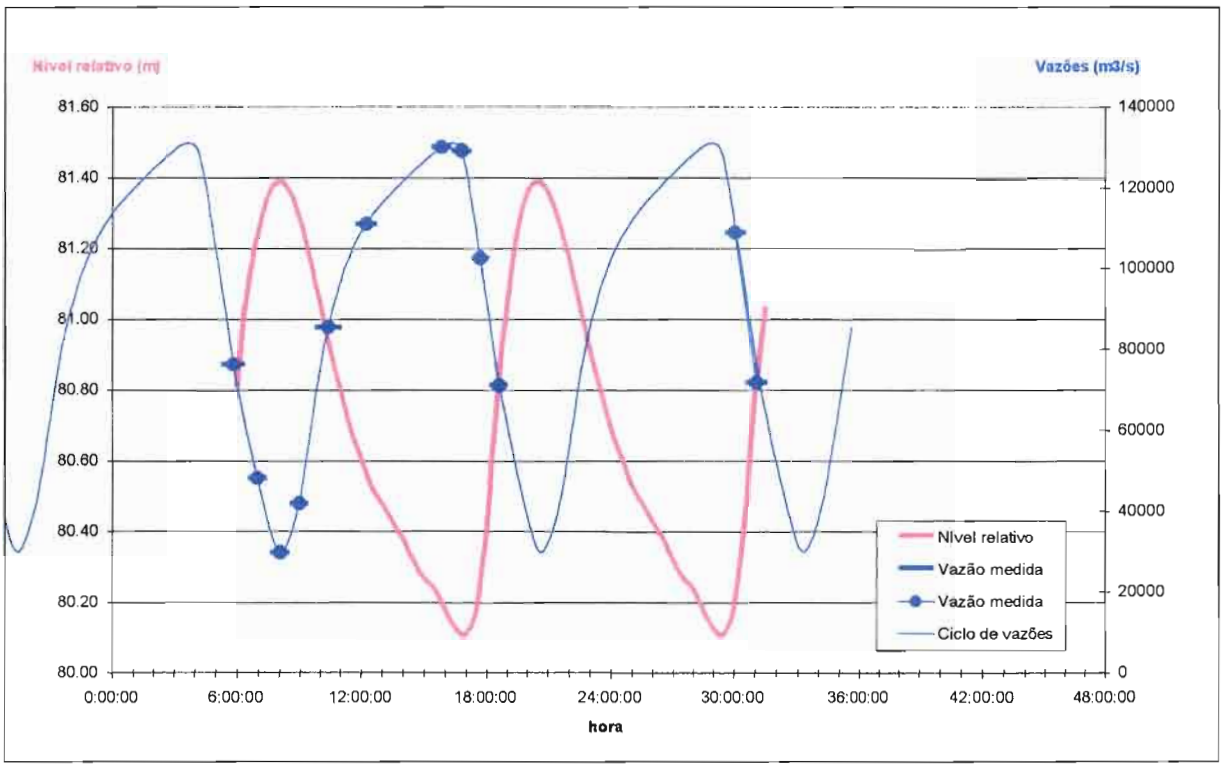


Figura 4 : Evolução dos níveis e vazões medidas em Almeirim os dias 7 e 8/10/98

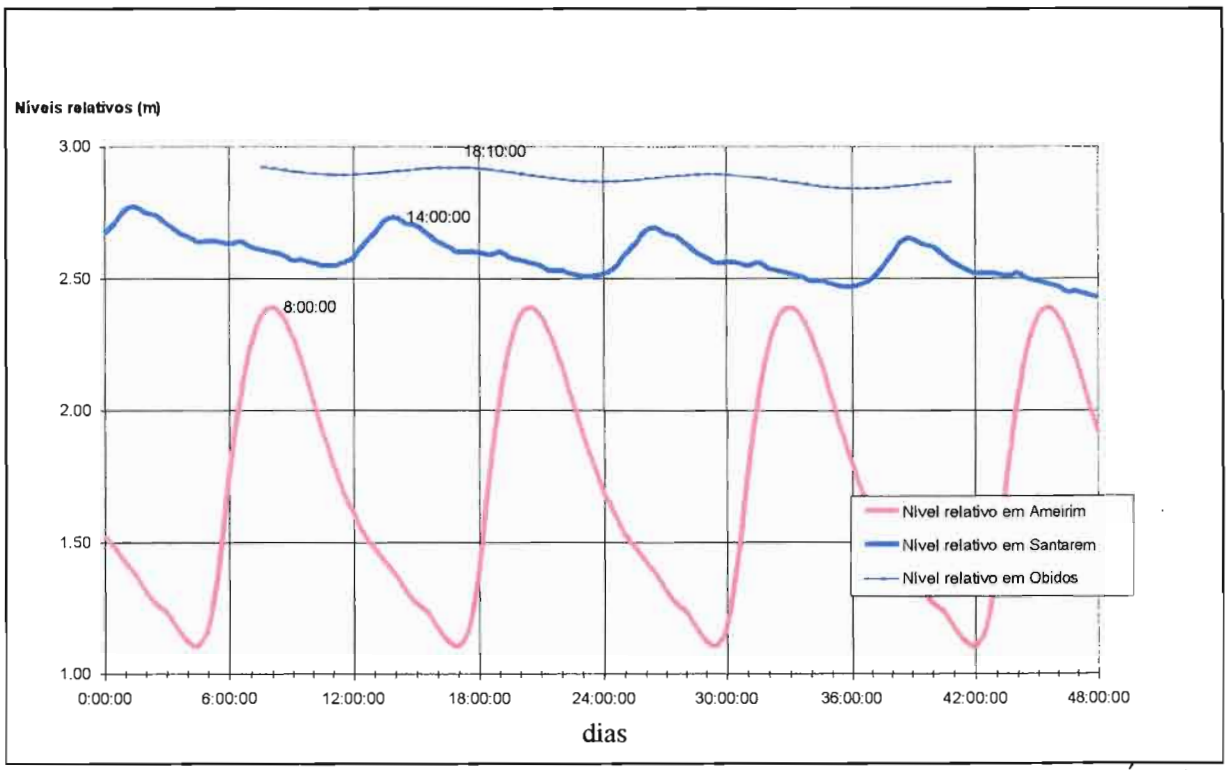


Figura 5 : Limnigramas (medições e reconstituições) em Almeirim, Santarém e Óbidos

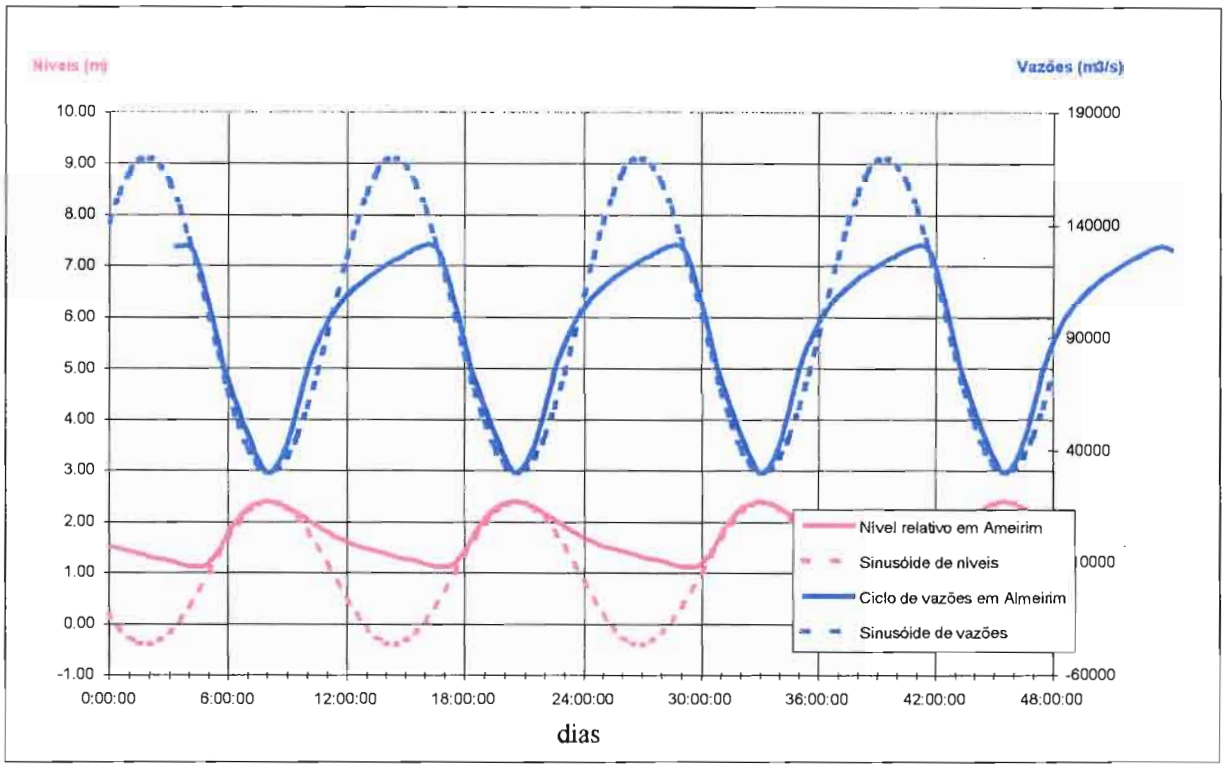


Figura 6 : Comparação das curvas de níveis e vazões em Almeirim com as senóides teóricas.

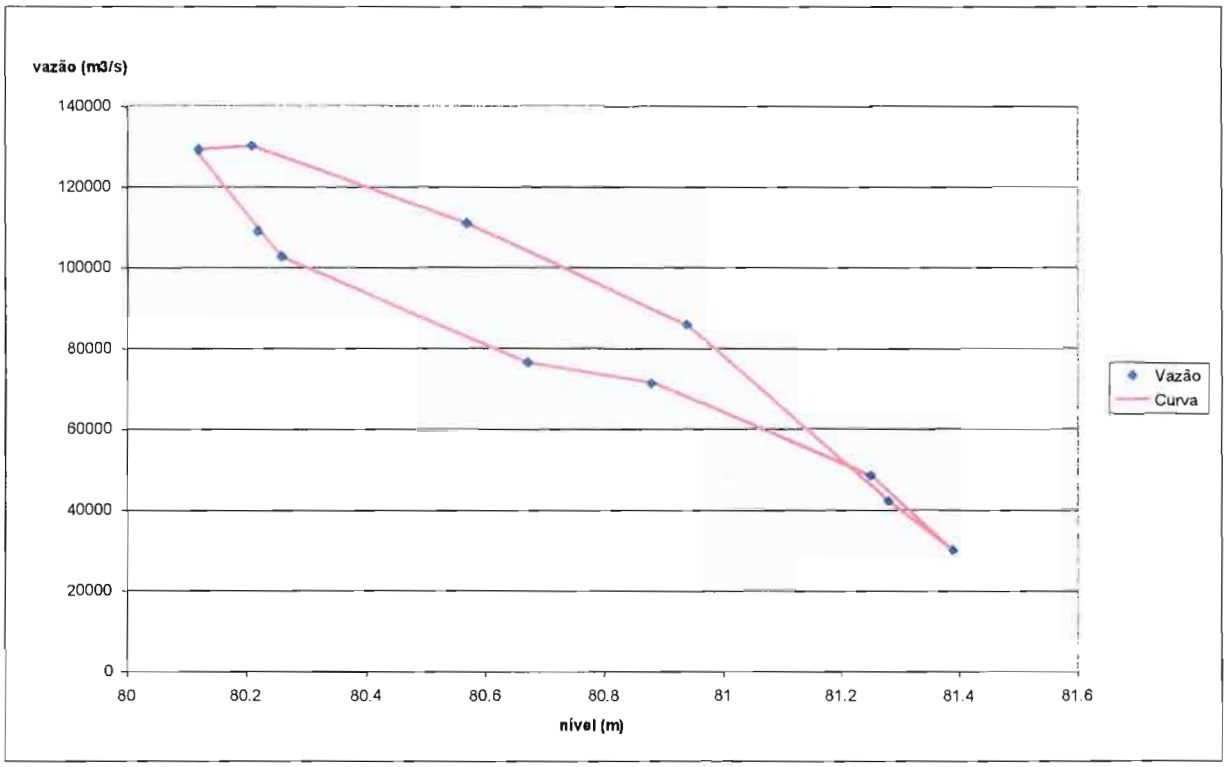


Figura 7 : Curva-chave do Amazonas em Almeirim para a maré do 7/10/98

Enfim esse estudo, alias de clarecer o efeito da maré, permite traçar uma primeira curva-chave não unívoca do rio Amazonas em Almeirim durante a época da medição (fig. 7).
Para concluir esse primeiro trabalho, é necessário organizar mais campanhas específicas para tirar todas as duvidas sobre esses assuntos e tratar de realizar um modelo hidrodínamico desses processos de estocagem/destocagem, propagação das ondas marítimas, etc. ligados a maré.

7. ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA DA REDE DE MEDIÇÕES DE MES

Cinco estações de referência (dentre as 10) da rede brasileira de medições de MES foram visitadas, dentro das quais duas foram abertas :

País	*Código ANEEL*	*Rio*	*Estações*
Brasil	14 420 000	Negro	Serrinha
	14 840 000	Negro	Moura
	10 100 000	Solimões	Tabatinga
	14 100 000	Solimões	Manacapuru
	17 050 000	Amazonas	Óbidos

8. CONCLUSÃO GÉRAL

Foi realizada pela terceira vez uma campanha completa de medição de vazão, amostragem de água e matéria em suspensão ao longo do Rio Negro, desde quase a cabeceira até a foz do rio Amazonas com 38 pontos de estudo.

Durante esta campanha, foram realizadas 70 medições de vazão com ADCP em 17 estações fluviométricas, que permitam precisar as curvas-chaves destes locais.

Um primeiro estudo específico da influência da maré a jusante de Óbidos foi realizado durante uma semana.

33 amostras de água para determinação dos elementos maiores foram coletadas como 10 amostras de sedimentos de fundos. 11 perfis de estudo da matéria em suspensão foram realizados com coletas em diferentes profundidades sobre três verticais a 25%, 50% e 75% de distância da margem esquerda de cada seção. Cada vez foram realizadas cinco determinações de parâmetros físico-químicos "in situ".

Cinco estações da Rede de Referência do HiBAm foram fiscalizadas, dentre das quais duas foram abertas.

ANEXO 1 : ABREVIATURAS USADAS NO TEXTO

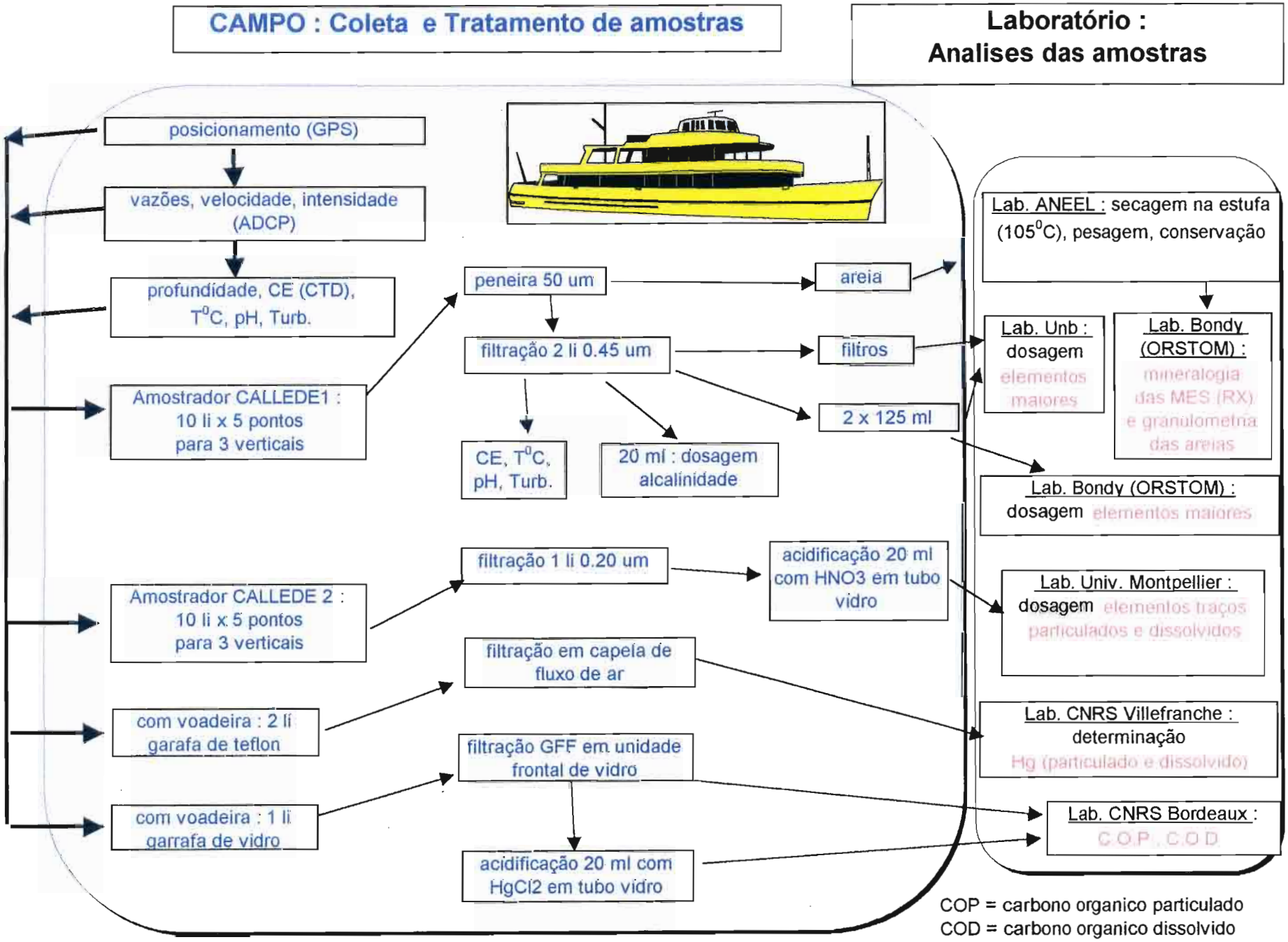
ADCP	= Acoustic Doppler Current Profiler
Alc.	= Alcalinidade
ANEEL	= Agência Nacional de Energia Elétrica
CE = Cond.	= Condutividade Elétrica
CNPq	= Conselho Nacional de Pesquisa Científica
CPRM	= Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
GPS	= Geoposicionamento Por Satélite
Hg	= Mercúrio
HiBAm	= Hidrologia da Bacia Amazônica
IBAMA	= Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
INMET	= Instituto Nacional de Meteorologia
INPA	= Instituto Nacional de Pesquisa da Amazona
MES	= Matéria Em Suspensão
ORSTOM	= Instituto Francês de Pesquisa Científica para o Desenvolvimento em Cooperação
PCD	= Plataforma de Coleta de Dados
PROSE	= PROgramme de Recherche Sols et Erosion
SENAMHI	= Servicio Nacional de Meteorologia e Hidrologia de Bolivia
Temp.	= Temperatura
Turb.	= Turbidez
UMSA	= Universidade Major de San Andréas - Bolivia
UnB	= Universidade de Brasília

Anexo 2

Fluxograma de amostragens

e tratamento de dados

Anexo 2 - : Fluxograma de amostragens e tratamento de amostras



COP = carbono organico particulado
COD = carbono organico dissolvido

Anexo 3

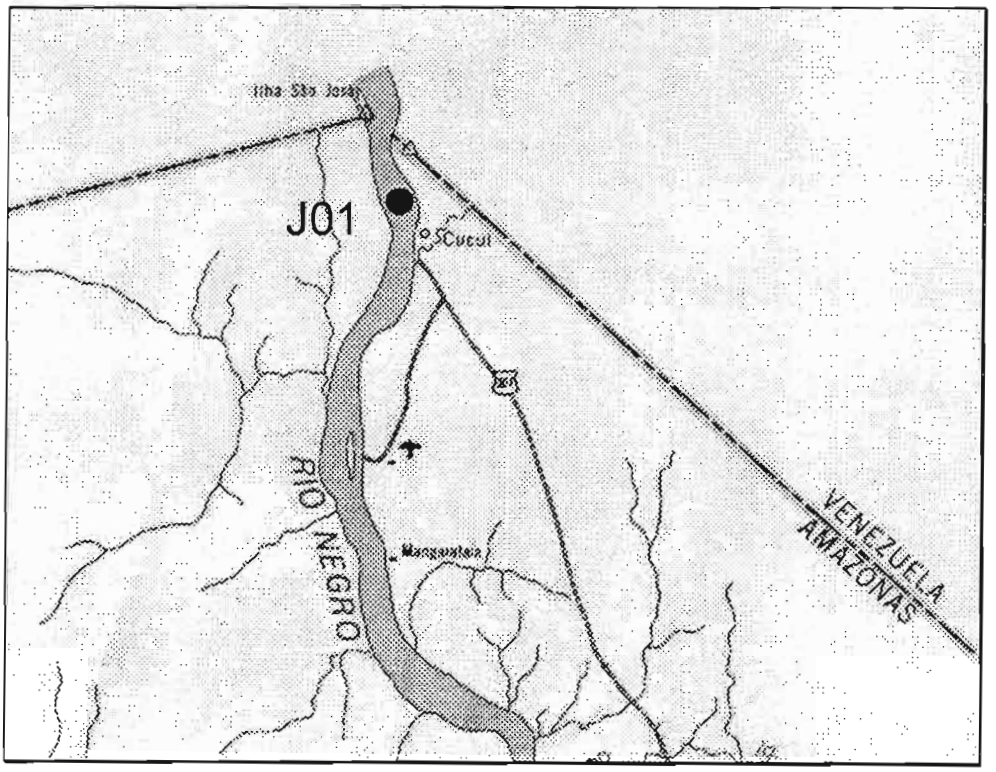
Localização das estações de medição de vazão e dos pontos de amostragem

(classificação por ordem cronológico)

Amostragem d'água e de sedimentos

J.01. Rio Negro em Cucuí (Amazonas) : 17/09/98

Código ANEEL	14 100 000	
Ponto de amostragem	Lat. : N 01°13,06'	Long. : W 66°51,03'



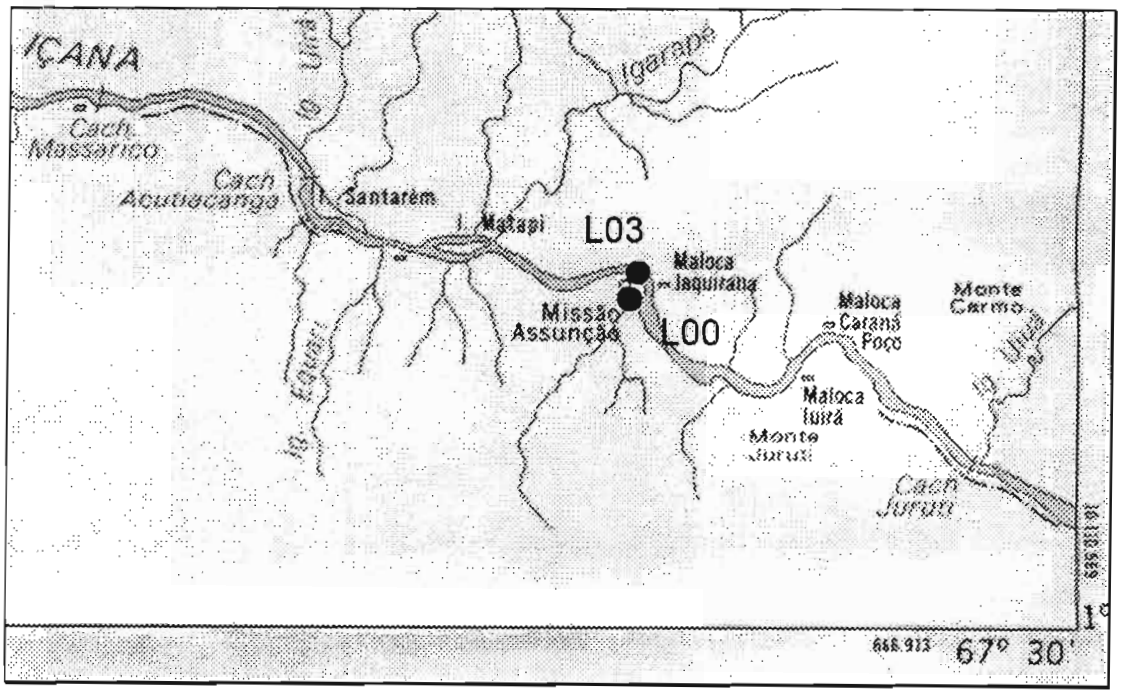
Amostragem d'água e de sedimentos

L.03. Rio Içana em Missão Içana (Amazonas) : 17/09/98

Código DNAEE	14 230 000	
Ponto de amostragem	Lat. : N 01° 04,20'	Long. : W 67°35,54'

L.00. Poço Içana em Missão Içana (Amazonas) : 17/09/98

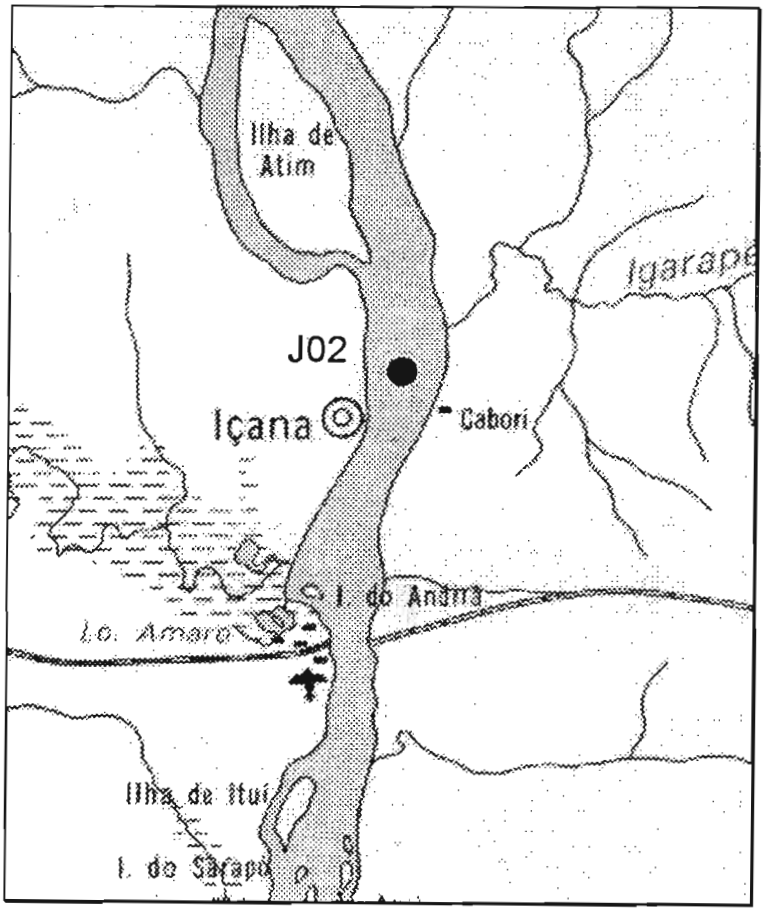
Ponto de amostragem : Poço artesiano da missão Assunção



Amostragem d'água e de sedimentos

J.02. Rio Negro em São Felipe (Amazonas) : 18/09/98

Código ANEEL	14 250 000	
Ponto de amostragem	Lat. : N 00°21,37'	Long. : W 067°19.97'



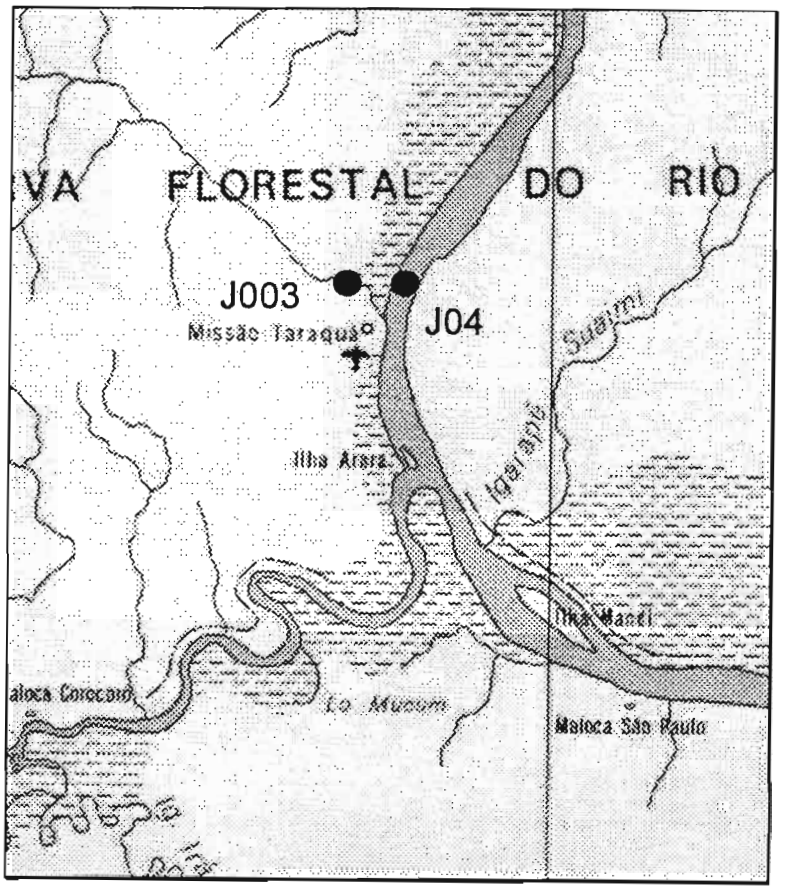
Amostragem d'água e de sedimentos

J.04. Rio Uaupés em Taraquá (Amazonas) : 19/09/98

Código ANEEL	14 280 001	
Ponto de amostragem	Lat. : N 0°08,31'	Long. : W 68°32,75'

J.003. Igarapé em Taraquá (Amazonas) : 19/09/98

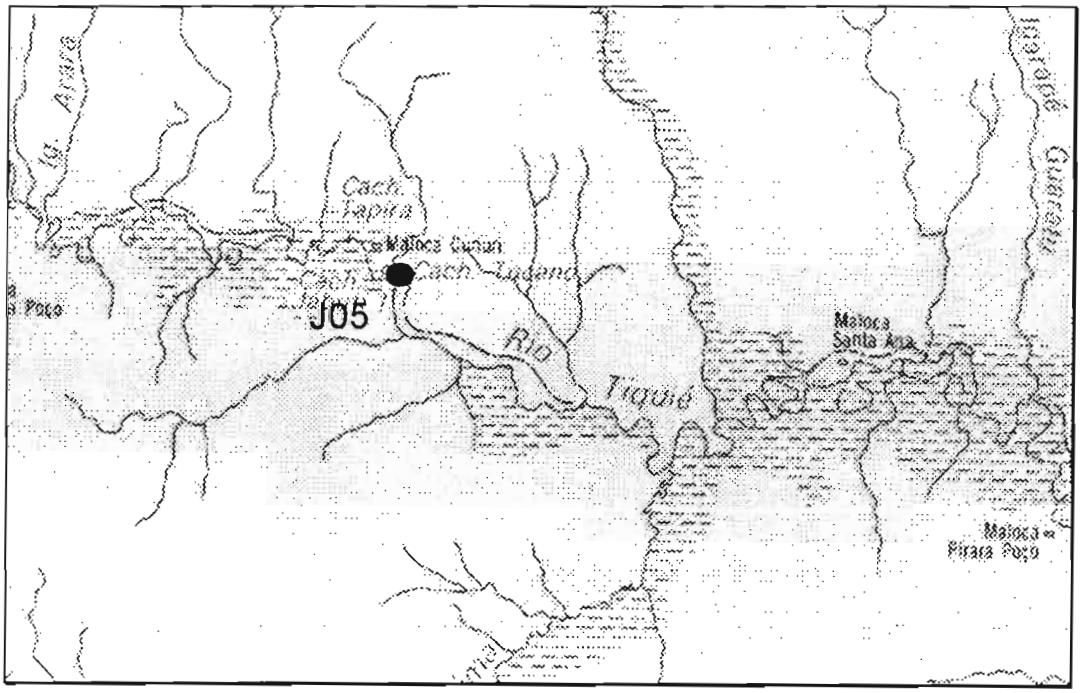
Ponto de amostragem	Lat. : N 0°08,31'	Long. : W 68°32,74'



Amostragem d'água e de sedimentos

J.05. Rio Tiquié em Cuniri (Amazonas) : 20/09/98

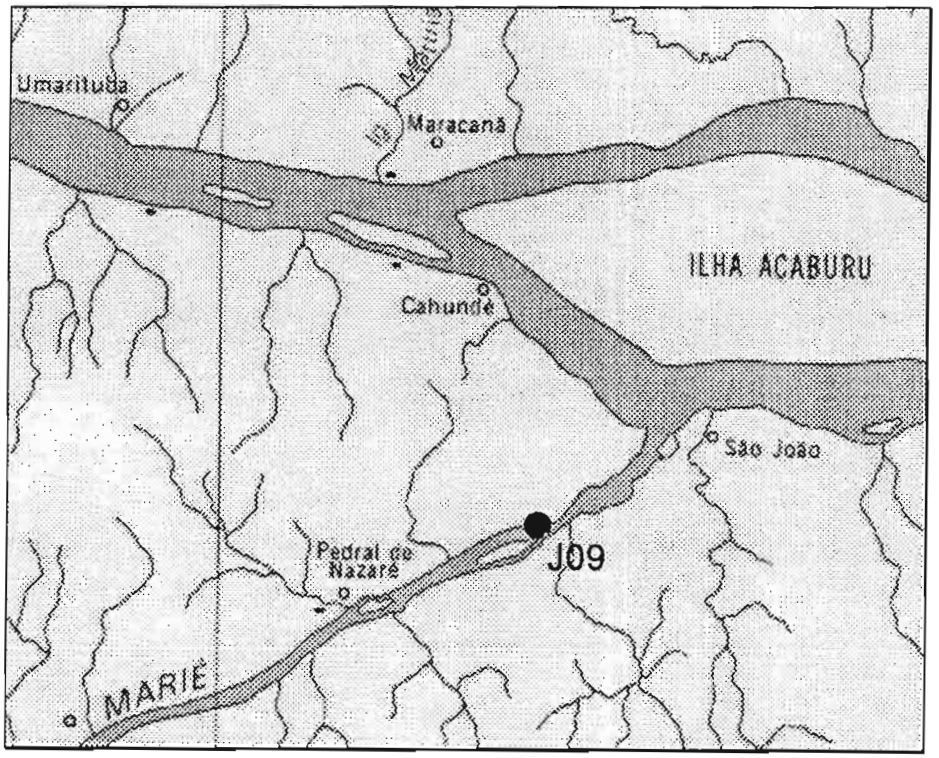
Código ANEEL	14 310 000	
Ponto de amostragem	Lat. : N 00°12.57'	Long. : W 069°22.73'



Amostragem d'água e de sedimentos

J.09. Rio Marié em Foz do Marié (Amazonas) : 22/09/98

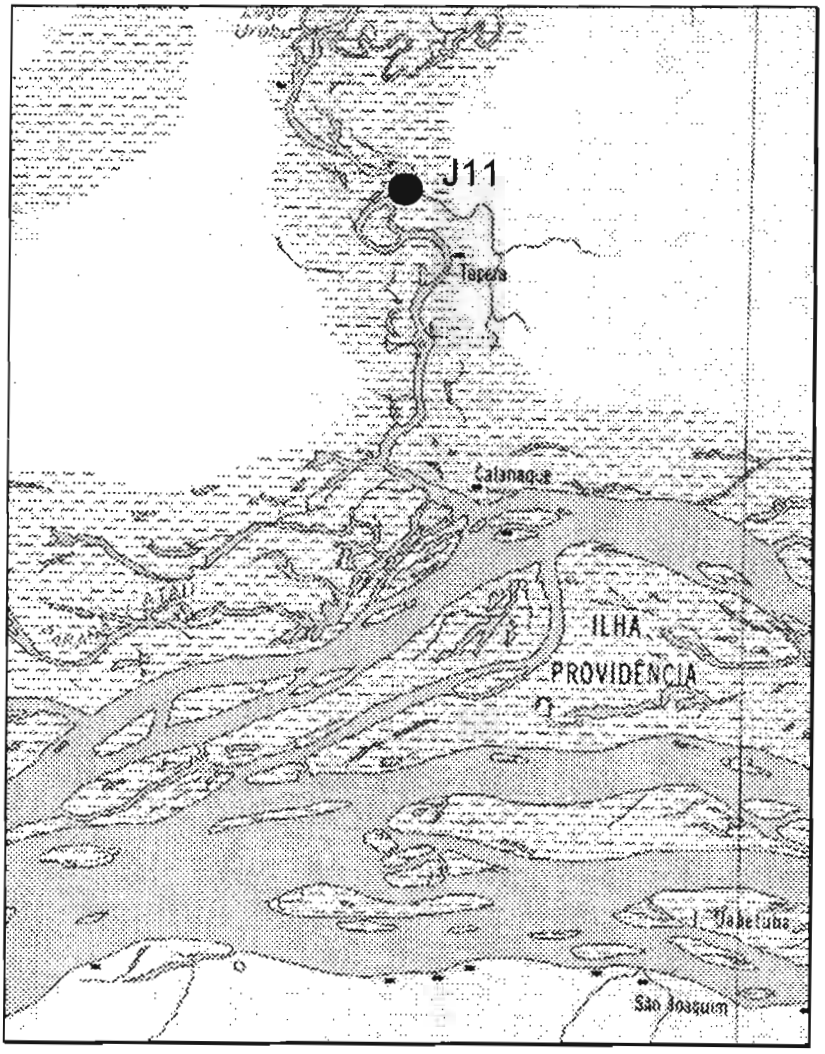
Ponto de amostragem Lat. : S 0°26,875' Long. : W 66°25,234'



Amostragem d'água e de sedimentos

J.11. Rio Padauari em Tapera (Amazonas) : 24/09/98

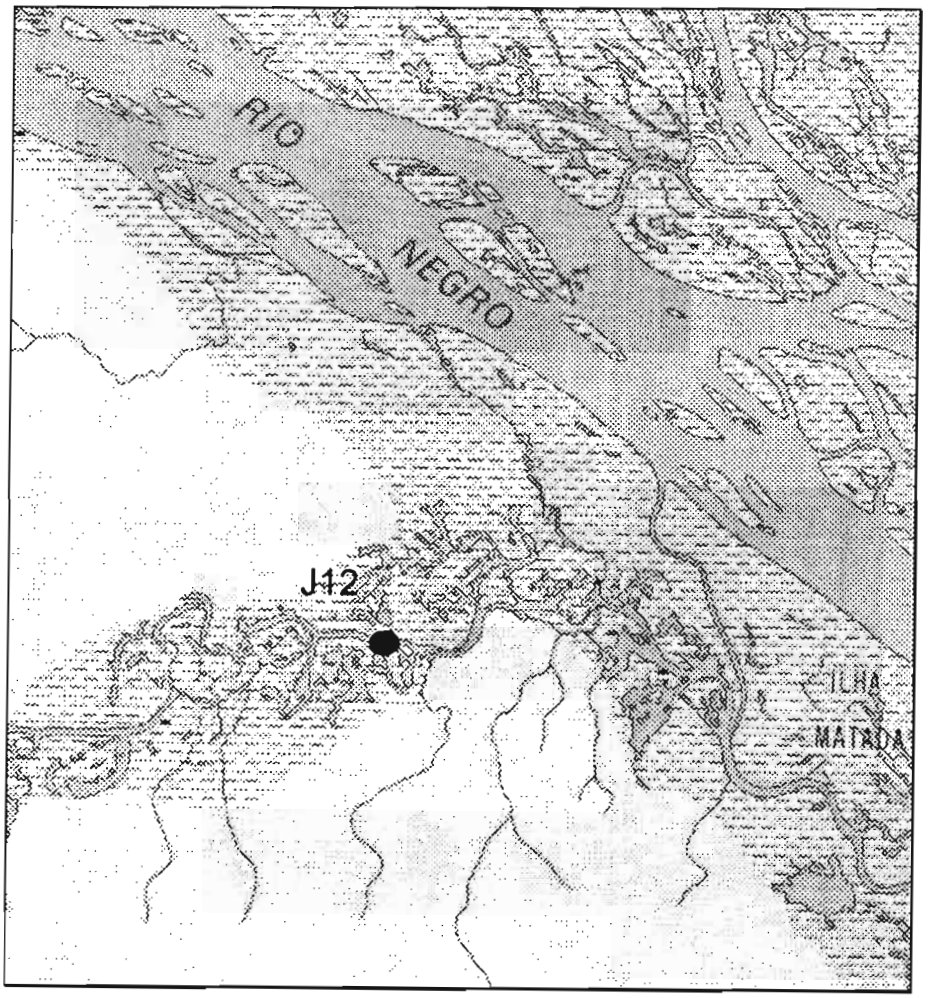
Ponto de amostragem Lat. : S 0°10,315' Long. : W 64°05,319'



Amostragem d'água e de sedimentos

J.12. Rio Cuiuni em Punta da Terra (Amazonas) : 24/09/98

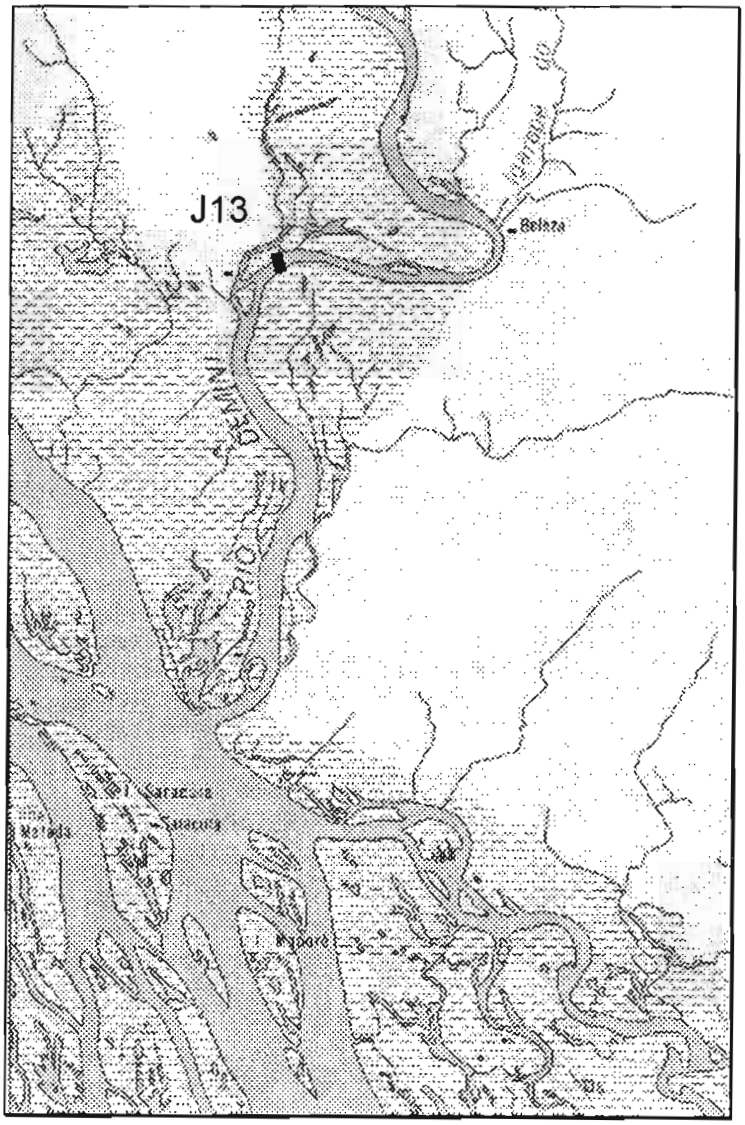
Ponto de amostragem Lat. : S 0°46,122' Long. : W 63°09,130'



Amostragem d'água e de sedimentos

J.13. Rio Demini em Jalauaca (Amazonas) : 25/09/98

Código ANEEL	14 450 000	
Ponto de amostragem	Lat. : S 0°38,275'	Long. : W 62°54,836'



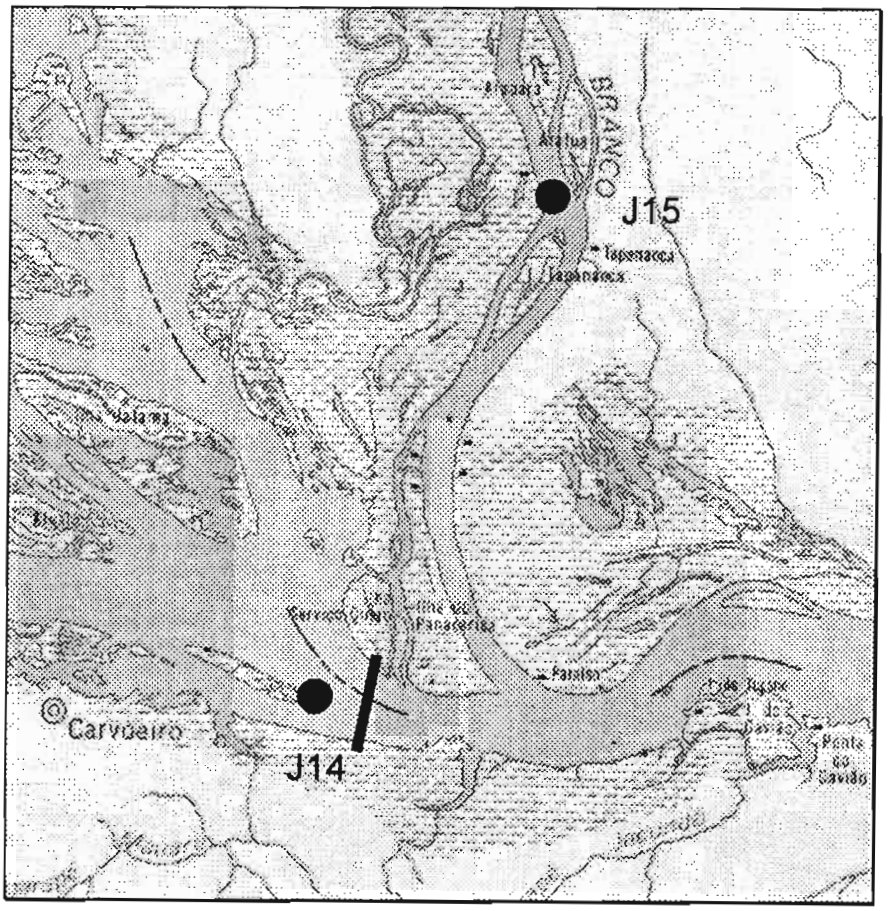
Medição de vazão
Amostragem d'água e de sedimentos

J.14. Rio Negro na foz do rio Branco (Amazonas) : 25/09/98

Margem esquerda	Lat. : S 01°23,333'	Long. : W 61°53,149'
Margem direita	Lat. : S 01°24,487'	Long. : W 61°53,47'
Ponto de amostragem	Lat. : S 01°23,498'	Long. : W 61°53,596'

J.15. Rio Branco na foz (Amazonas) : 25/09/98

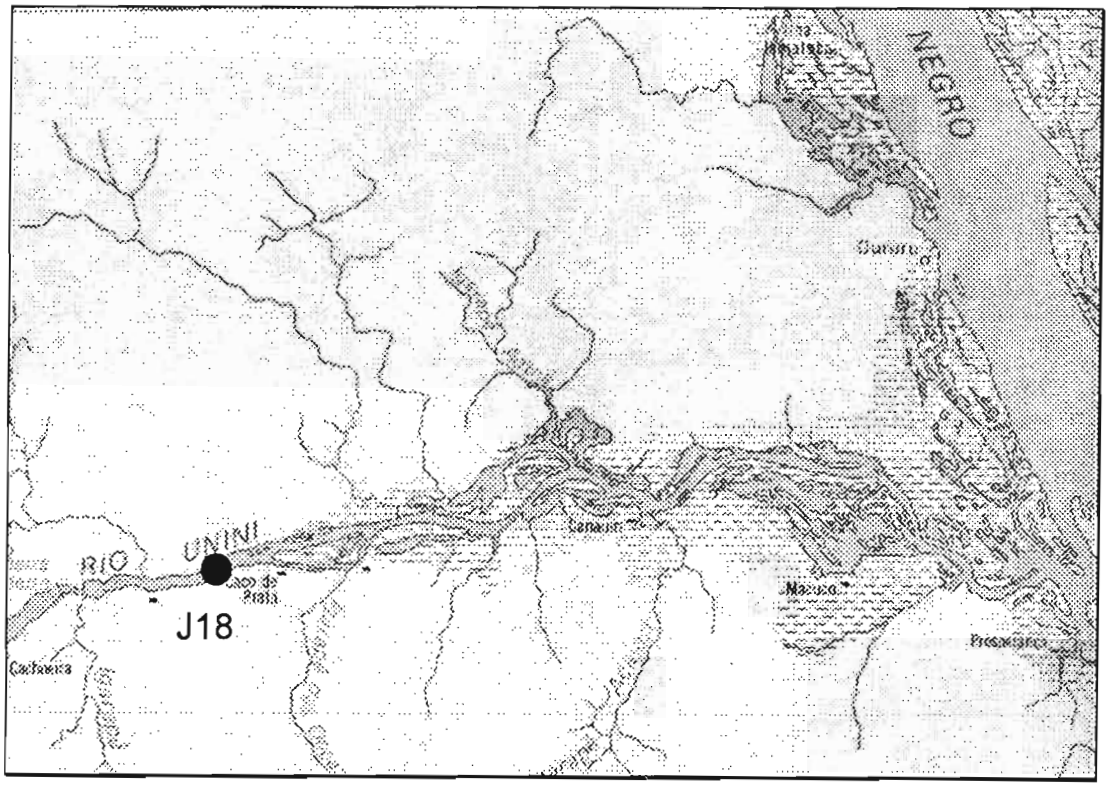
Ponto de amostragem	Lat. : S 01°15,622'	Long. : W 61°50,401'



Amostragem d'água e de sedimentos

J.18. Rio Unini na foz (Amazonas) : 27/09/98

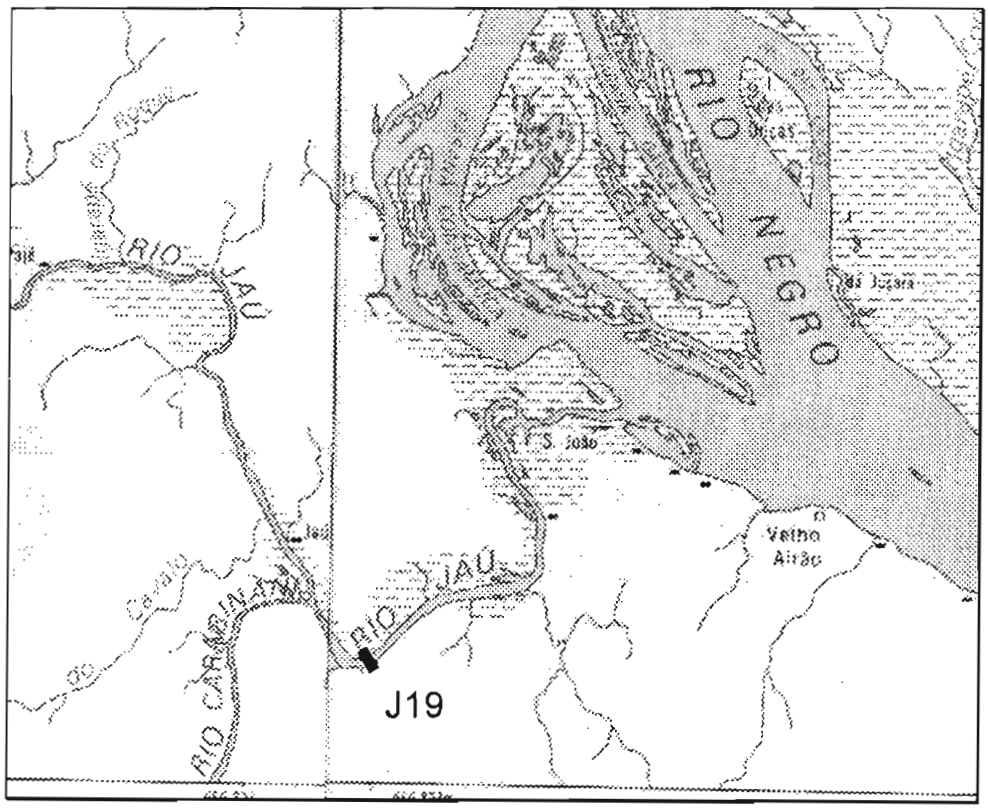
Ponto de amostragem Lat. : S 01°39,931' Long. : W 61°45,348'



Medição de vazão
Amostragem d'água e de sedimentos

J.19. Rio Jaú na Foz (Amazonas) : 27/09/98

Ponto de amostragem Lat. : S 01°58,690' Long. : W 61°29,972'



Amostragem d'água e de sedimentos

J.37. Paraná do Solimões em Tabatinga (Amazonas) : 29/09/98

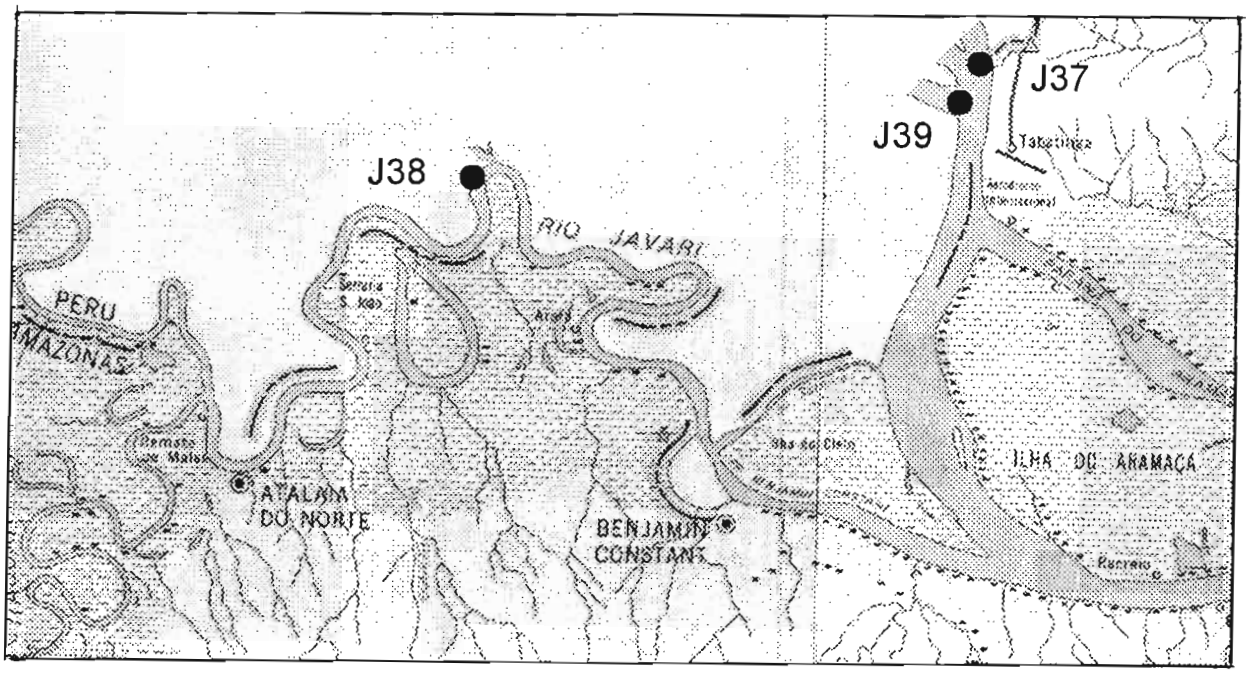
Código ANEEL	10 100 000	
Ponto de amostragem	Lat. : N 04°13,84'	Long. : W 69°56,91'

J.38. Rio Javari na foz (Amazonas) : 29/09/98

Ponto de amostragem	Lat. : N 04°15,50'	Long. : W 70°06,88'

J.39. Rio Solimões em Tabatinga (Amazonas) : 29/09/98

Código ANEEL	10 100 000	
Ponto de amostragem	Lat. : N 04°14,51'	Long. : W 69°57,62'



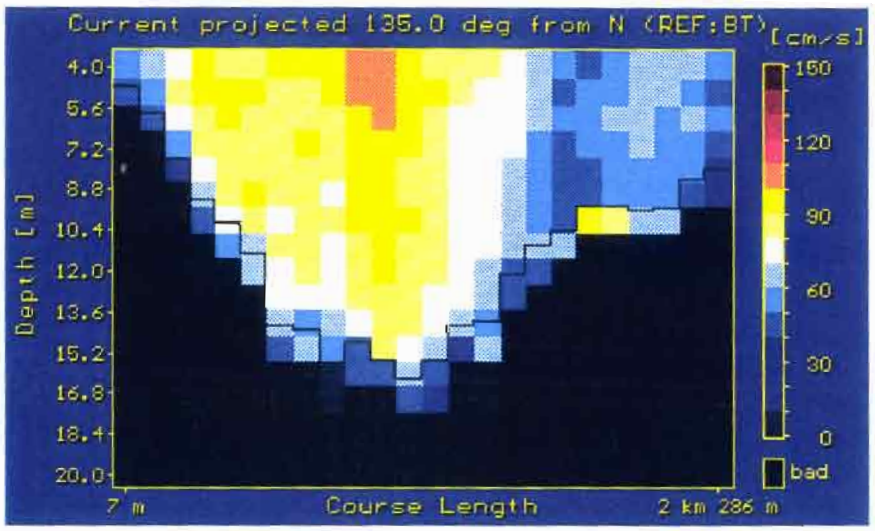
Anexo 4

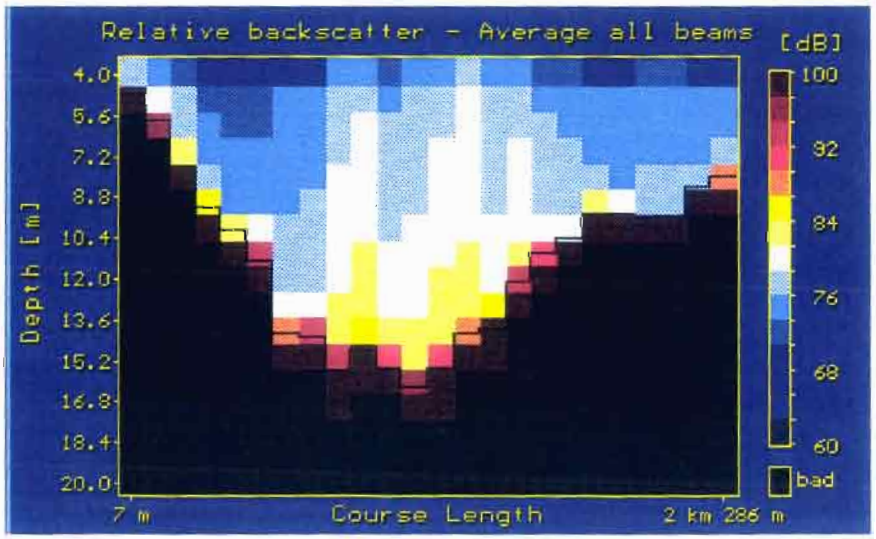
Gráficos de medições de vazão com ADCP

(classificação por ordem cronológico)

J.14 : Rio Negro em foz do rio Branco (AM)

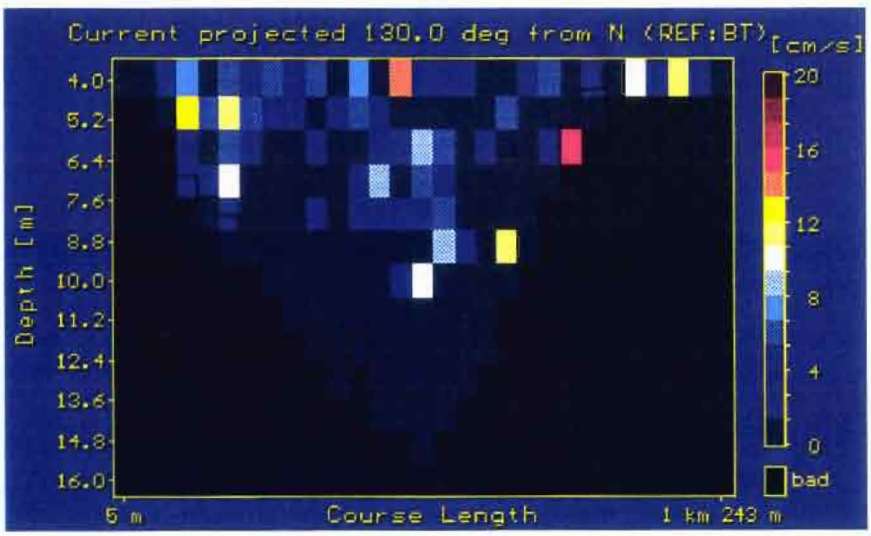
[25/09/98 – 22 380 $m^3.s^{-1}$- transect PANA002R]

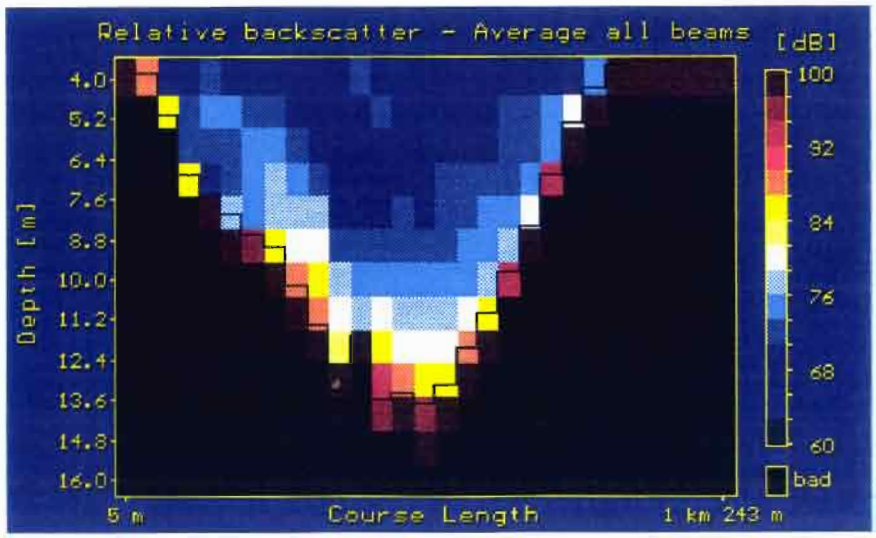




J.25b : Rio Trombetas a montante ilha Jacitara (PA)

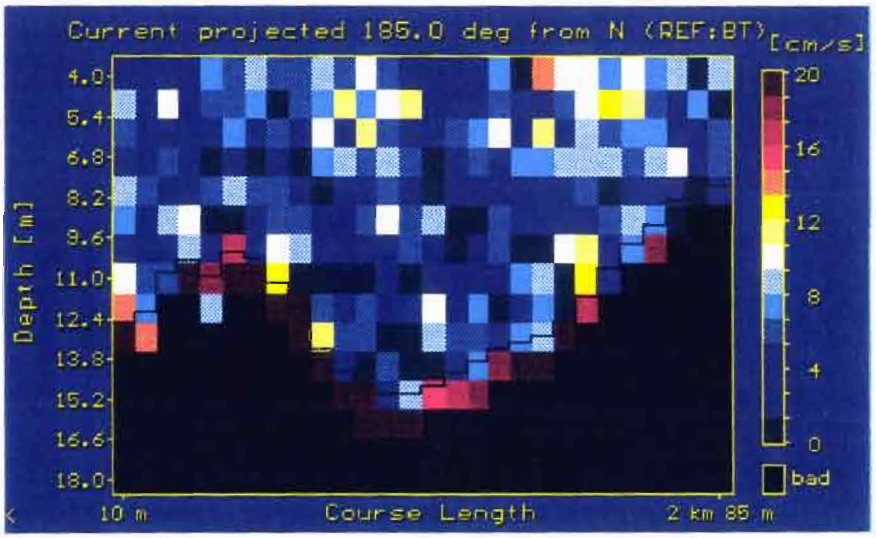
[03/10/98 – 410 $m^3.s^{-1}$- transect TR2001R]

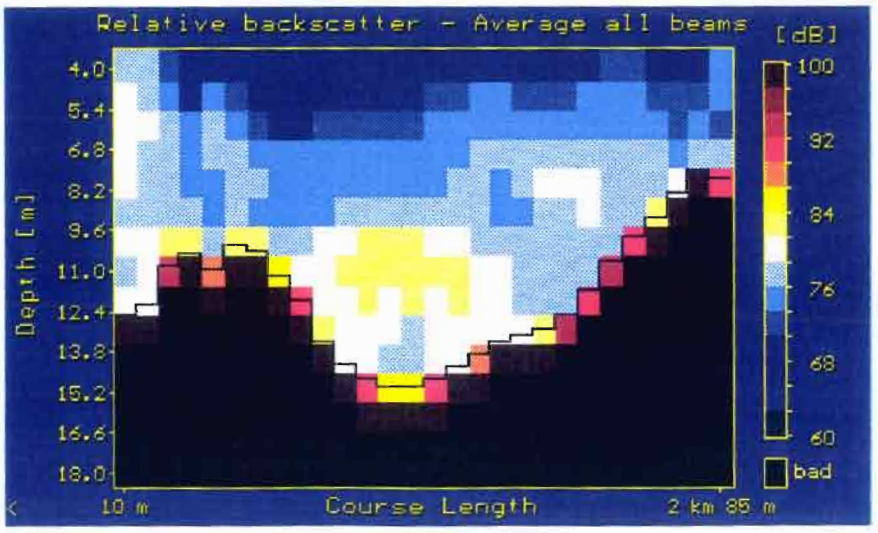


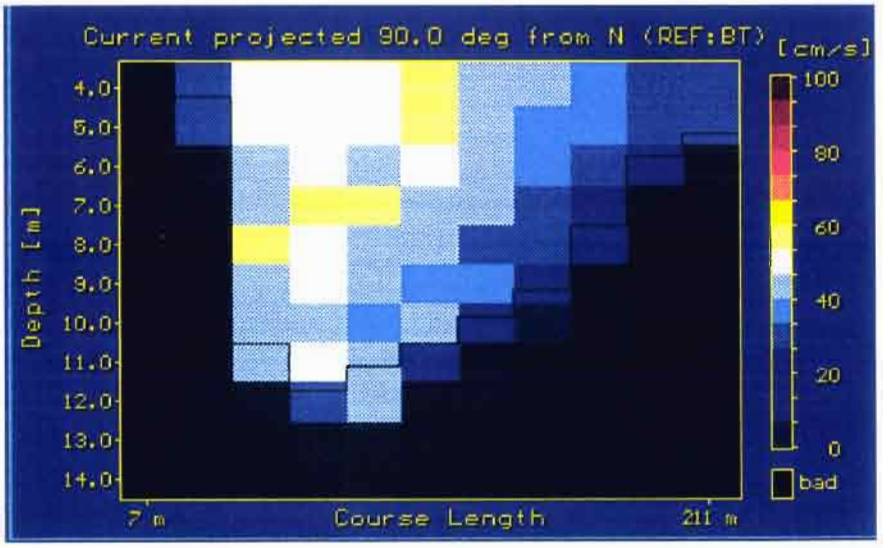
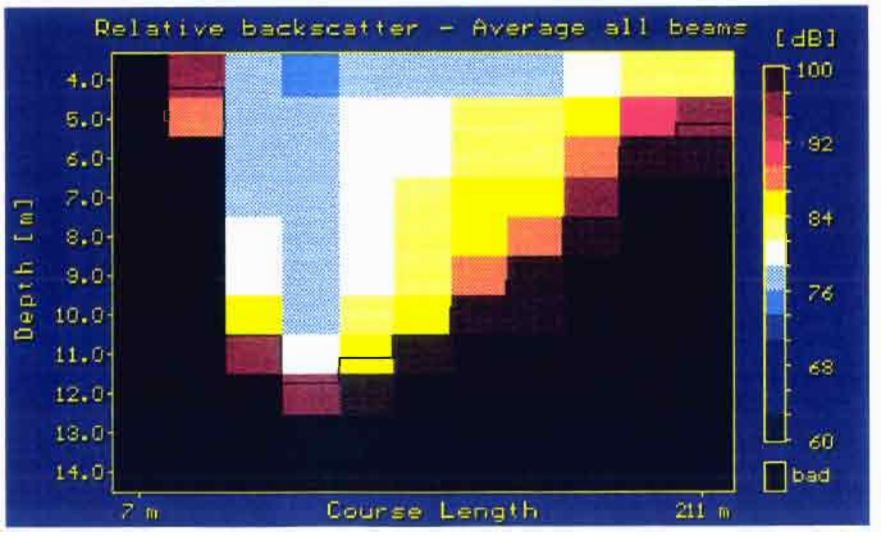


J.25c : Rio Trombetas a jusante ilha Jacitara (PA)

[03/10/98 – 600 $m^3.s^{-1}$ - transect TR2004R]





J.25c' : Rio Nhamundá na foz (PA)

[03/10/98 -1 000 $m^3.s^{-1}$- transect TR2005R]