

CARACTERIZAÇÃO BIOGEOQUÍMICA DOS PRINCIPAIS RIOS DO ESTADO DE RONDÔNIA

JEFFERSON MORTATTI

Orientador: Prof. Dr. PAULO CESAR O. TRIVELIN

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

**PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Outubro - 1986**

Aos meus pais,

Antonio Carlos Mortatti (in memoriam)

e

Maria Ap. S. Mortatti

MINHA HOMENAGEM ESPECIAL

À minha esposa,

Vera Lucia

e

ao meu filho, *Bruno Cesar*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- Ao *Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA*, pelas facilidades oferecidas na execução deste trabalho;
- A *Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ*, e principalmente à *Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas*,
- A *Universidade de São Paulo - USP*, pelas facilidades oferecidas;
- Ao *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq*, através do *Programa do Trópico Úmido*, pela coordenação geral do Programa Polonoroeste do Brasil;
- Ao *Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE*, pela instalação e operação das estações hidrometeorológicas no Estado de Rondônia e cessão dos dados obtidos para a execução deste trabalho;
- Ao *Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA*, pelo apoio técnico e científico oferecido;
- A *Superintendência de Campanhas e Endemias - SUCAM*, de Pimenta Bueno (RO), pelo apoio logístico;
- Ao *Governo do Estado de Rondônia*, pelas facilidades oferecidas;

- Aos colegas pesquisadores, *Henrique Bergamin Filho*, *Francisco José Krug*, *Epaminondas S.B. Ferraz*, *José Roberto Ferreira* e *Luiz C.R. Pessenda*, pela ajuda e amizade;
- Aos colegas pesquisadores da Seção de Isótopos Estáveis e Hidrologia do CENA, *Paulo Cesar O. Trivelin*, *Reynaldo L. Victória* e *Eiichi Matsui*, pela orientação, amizade e estímulos constantes e em especial à *Luiz Antonio Martinelli*, pela ajuda inextimável na execução deste trabalho;
- Ao *Dr. Eneas Salati*, pela confiança e apoio oferecido durante a execução deste trabalho;
- À *Seção de Radioquímica e Química Analítica do CENA* pela condução das análises químicas;
- Aos Técnicos de Laboratório, *José Aurélio Bonassi*, *Miguel Baldessin*, *Maria Antonia Z. Perez*, *Maria Isabel B. Moda*, *Geraldo de Arruda Jr.* e *Bento Moçambique de Moraes Neto*, pelas análises isotópicas;
- Aos colegas *Bruce Forsberg* e *Jeffrey E. Richey*, da Universidade de Washington e *Robert Meade*, do United States Geological Survey, pela colaboração na execução deste trabalho;
- Ao colega *Cleusval Bissi*, pelos serviços datilográficos e montagem do trabalho;
- À bibliotecária *Janete L. Bombini de Moura*, pela atenção a mim dispensada;

- Aos colegas *Benedito H. Davanzo* e *Celso de Aguiar*, pelos trabalhos gráficos realizados;
- Aos motoristas do CENA, *Silas Trindade de Ávila* e *Valdir de Angelis*, pelo trabalho realizado durante as excursões terrestres à região Noroeste do Brasil;
- À tripulação da L.M. Amanáí, sob o comando de *Miguel de Souza Rodrigues*, pelo excelente trabalho desempenhado e segurança oferecida durante as excursões fluviais realizadas na bacia de drenagem do rio Madeira;
- À todos que, de uma forma ou outra, contribuíram para a execução deste trabalho.



"Longe, ao norte, numa terra chamada Svithjod, existe uma rocha. Possui cem milhas de altura e cem milhas de largura. Uma vez em cada milênio, um passarinho vem à rocha para afiar seu bico.

Quando a rocha tiver sido assim totalmente desgastada, então, um único dia da eternidade ter-se-á escoado".

Hendrik van Loon



ÍNDICE

	<u>Página</u>
RESUMO	xix
SUMMARY.	xxi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.	3
3. CARACTERIZAÇÃO DO ECOSISTEMA.	12
3.1. Situação Geográfica	12
3.2. Clima.	13
3.3. Geologia.	13
3.4. Relevo.	14
3.5. Solos e Vegetação	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1. Área de Estudo.	17
4.1.1. Composição da Sub-Bacia do Rio Madeira	17
4.1.2. Metodologia de Amostragem: Excursões Terrestres e Fluviais	18
4.1.2.1. Excursões Terrestres.	21
4.1.2.2. Excursões Fluviais.	22
4.2. Avaliação do Regime Hídrico do Ecossistema.	35

4.3. Comportamento Isotópico do Hidrogênio e Oxigênio nas Águas da Rede de Drenagem do Rio Madeira.	35
4.4. Transporte dos Sedimentos em Suspensão	36
4.5. Estimativa da Evapotranspiração Potencial para o Estado de Rondônia.	37
4.5.1. Cálculo Teórico da Radiação Solar que Atinge a Superfície da Terra na Ausência da Atmosfera. . .	37
4.5.2. Estimativa da Radiação Solar que Atinge a Superfície da Terra Considerando a Atmosfera	38
4.5.3. Estimativa da Evapotranspiração Potencial Usando a Equação de Penman Modificada para Condições de Floresta Tropical.	39
4.6. Estimativa da Evapotranspiração Real ao Nível de Bacias Secundárias.	41
4.7. Caracterização Química das Águas da Rede de Drenagem do Rio Madeira.	42
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.	43
5.1. Avaliação do Regime Hídrico do Ecossistema	43
5.2. Comportamento Isotópico do Hidrogênio e Oxigênio nas Águas da Rede de Drenagem do Rio Madeira	45
5.3. Transporte de Sedimentos em Suspensão.	54
5.4. Estimativa da Evapotranspiração Potencial para o Estado de Rondônia.	67
5.4.1. Cálculo Teórico da Radiação Solar que Atinge a Superfície da Terra na Ausência da Atmosfera.	67

5.4.2. Estimativa da Radiação Solar que Atinge a Superfície da Terra Considerando a Atmosfera	69
5.4.3. Estimativa da Evapotranspiração Potencial Usando a Equação de Penman Modificada para Condições de Floresta Tropical.	70
5.5. Estimativa da Evapotranspiração Real ao Nível de Bacias Secundárias.	79
5.6. Comportamento Químico das Águas da Rede de Drenagem do Rio Madeira	86
5.6.1. Excursões Terrestres.	86
5.6.1.1. Características Químicas	90
5.6.1.2. Transporte de Nutrientes	97
5.6.2. Excursões Fluviais.	102
5.6.2.1. Características Químicas	102
5.6.2.2. Transporte de Nutrientes	104
6. CONCLUSÕES.	109
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	113

LISTA DE TABELAS

<u>Tabela</u>	<u>Página</u>
1 - Sumário dos resultados hidrológicos, obtidos durante as excursões fluviais de abril de 1984 e janeiro de 1986, para o rio Madeira e principais tributários. .	47
2 - Resultados de vazão, concentração e descarga de sedimentos em suspensão, obtidos durante a primeira fase do Projeto CAMREX, para o rio Madeira em Urucurituba	58
3 - Resultados de concentração e descarga de sedimentos em suspensão, obtidos durante as excursões fluviais de abril de 1984 e janeiro de 1986 para o rio Madeira e principais tributários.	62
4 - Resultados de concentração e descarga de sedimentos em suspensão, obtidos durante as excursões terrestres de outubro/novembro de 1984 a agosto/setembro de 1985, para o rio Madeira e principais tributários.	64
5 - Valores calculados de radiação solar (Q_0), expressos em termos de evaporação equivalente de água (mm.d^{-1}) referentes a variação na latitude de 6°S a 16°S . . .	68
6 - Razão de insolação $\frac{n}{N}$ para as estações de Humaitã (AM), Porto Velho (RO), Rio Branco (AC) e Cuiabá (MT), situadas entre as latitudes de 6°S e 16°S , bem como a média estimada para o Estado de Rondônia. . .	70

TabelaPágina

- 7 - Valores dos coeficientes de correção ($\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$), utilizados no termo energético da equação de Penman, em função da temperatura. 71
- 8 - Valores dos coeficientes de correção ($\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$), utilizados no termo aerodinâmico da equação de Penman, em função da temperatura. 71
- 9 - Valores de $\frac{\sigma T^4}{59}$, expressos em termos de evaporação equivalente de água (mm.d^{-1}), no intervalo de temperatura de 7,0 a 38,0°C. ($\sigma = 11,9088 \cdot 10^{-8} \text{ cal.cm}^2.\text{d}^{-1}.\text{K}^{-4}$). 72
- 10 - Tensão máxima de vapor sobre a água, em mm Hg, no intervalo de temperatura de 20 a 30°C. 73
- 11 - Dados de vento, temperatura e umidade relativa para as estações de Humaitã (AM), Porto Velho (RO), Rio Branco (AC) e Cuiabá (MT), bem como a média estimada para o Estado de Rondônia. 74
- 12 - Evapotranspiração potencial mensal calculada para Humaitã (AM), Porto Velho (RO), Rio Branco (AC) e Cuiabá (MT), bem como a média estimada para o Estado de Rondônia. 75
- 13 - Valores de evapotranspiração potencial (ETM) e a contribuição do balanço de energia (EHM) na estimativa da ETM para o Estado de Rondônia. 78

<u>Tabela</u>	<u>Página</u>
14 - Estações de amostragens pluviométricas e área de influência dos pluviômetros, nas bacias de drenagem dos rios Jiparanã e Jamari.	81
15 - Média ponderada da precipitação anual e valores de vazão média anual para as bacias de drenagem dos rios Jiparanã e Jamari, no período de 1978 a 1984. .	82
16 - Evapotranspiração real estimada para as bacias de drenagem dos rios Jiparanã e Jamari, no período de 1978 a 1984.	84
17 - Roteiro das estações amostradas durante as excursões terrestres e os valores de vazão e área das bacias de drenagem dos rios amostrados, durante o período de abril/maio de 1983 a agosto/setembro de 1985 . .	89
18 - Resultados analíticos de cátions básicos e soma total de cátions (TZ+) para a rede de drenagem do rio Madeira, obtidos durante as excursões terrestres de abril/maio de 1983 a agosto/setembro de 1985	91
19 - Concentração média, normalizada para a vazão de Ca, Mg, K, Na e TZ+, para os principais rios da rede de drenagem do rio Madeira, amostrados durante as excursões terrestres realizadas no período de abril/maio de 1983 a agosto/setembro de 1985.	93

Tabela

Página

20 - Proporção relativa de Ca, Mg, K e Na da rede de drenagem do rio Madeira, em comparação com os valores de concentração média mundial dos rios (CMM), rios da América do Sul (RAS) e no Amazonas, em Óbidos . .	93
21 - Resultados analíticos de espécies químicas de interesse, para as estações de amostragens, durante as excursões terrestres realizadas no período de abril/maio de 1983 e agosto/setembro de 1985.	95
22 - Áreas das bacias de drenagem das estações amostradas durante as excursões fluviais realizadas em abril de 1984 e janeiro de 1985, com as respectivas vazões. .	103
23 - Resultados analíticos das principais espécies químicas para as estações amostradas durante as excursões fluviais de abril de 1984 e janeiro de 1985.	105
24 - Resultados do transporte de nutrientes para as estações amostradas durante as excursões fluviais de abril de 1984 e janeiro de 1985.	106

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
1 - Mapa do Estado de Rondônia, apresentando as áreas de ocorrência do desmatamento intensivo, ao longo da BR-364 que liga Cuiabá a Porto Velho. (Extraído do <i>INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL, 1985</i>).	19
2 - Roteiro das estações amostradas durante as excursões terrestres e fluviais à região Noroeste do Brasil, no período de abril de 1983 a janeiro de 1986. . . .	20
3 - Lancha motor AMANAÍ, com 19 m de comprimento; 5,2 m de largura; calado de 1,5 m e velocidade de cruzeiro de 20 km/h.	24
4 - Representação esquemática da seção transversal do canal em uma estação de amostragem, onde os perfis amostrados são os seguintes: S - Sedimentos em suspensão; Q - Química e N - Garrafa de Niskin.	26
5 - Esquema do guincho hidráulico utilizado para amostragem com integração no perfil. 1 - Guincho hidráulico; 2 - Molinete; 3 - Garrafa de amostragem e 4 - Lastro de chumbo.	27
6 - Ilustração do posicionamento do barco, entre as bandeiras, para a determinação da largura do canal. . .	30

FiguraPágina

7 - Deslocamento sofrido pelo barco durante a coleta de amostra em um determinado perfil.	32
8 - Relacionamento sazonal entre a precipitação e a vazão para a estação de Humaitã (AM). (<i>Dados médios de 15 anos, fornecidos pelo DNAEE</i>).	44
9 - Distribuição sazonal da precipitação e vazão para a bacia secundária do rio Jiparanã, no período de 1978 a 1984, com escoamento final em Tabajara (RO). . . .	46
10 - Distribuição sazonal da precipitação e vazão para a bacia secundária do rio Jamari, no período de 1978 a 1983, com escoamento final na foz.	46
11 - Distribuição da velocidade da corrente nos perfis de profundidade e largura do canal no rio Madeira, estação de Porto Velho, nos períodos de abril de 1984 e janeiro de 1986.	48
12 - Distribuição da velocidade da corrente nos perfis de profundidade e largura do canal no rio Madeira, estação de Urucurituba, nos períodos de abril de 1984 e janeiro de 1986.	48
13 - Variação sazonal de $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ nas águas do canal principal do rio Madeira, estação de Porto Velho, no período de 1983 a 1984, e seu relacionamento com a precipitação representativa da bacia de drenagem . .	50

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
14 - Correlacionamento linear entre os valores $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ para as águas naturais amostradas (rio Madeira e tributários), no período de 1983 a 1985, em comparação com a <i>Reta Meteórica Mundial</i>	52
15 - Distribuição dos teores de $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ sobre a <i>Reta Meteórica Mundial</i> e o relacionamento com as épocas seca e chuvosa.	53
16 - Comparações das distribuições sazonais de $\delta^{18}\text{O}$ entre o rio Madeira em Porto Velho e os seus principais tributários, rios Jiparanã em Jiparanã e Jamari em Ariquemes, no período de abril/maio de 1983 a março de 1986.	53
17 - Variação espacial de $\delta^{18}\text{O}$ para o canal principal do rio Madeira, desde Porto Velho (0 km) até Urucurituba (1.029 km), nos períodos de abril de 1984 e janeiro de 1986.	55
18 - Descarga de sedimentos em suspensão, no canal principal do rio Madeira entre Porto Velho e Urucurituba, medida em estágios diferentes da hidrógrafa, abril de 1984 e janeiro de 1985.	56
19 - Variação sazonal das medidas de vazão (Q), no canal principal do rio Madeira, estação de Vista Alegre, relacionada com a descarga de sedimentos em suspensão na foz (T), no período de 1982 a 1984.	58

FiguraPágina

- 20 - Delineamento gráfico entre descarga de sedimentos em suspensão e vazão, apresentando curva fechada, em fase horária; para o rio Madeira em Urucurituba, dados obtidos no período de 1982 a 1984. 60
- 21 - Estimativa da distribuição sazonal de sedimentos em suspensão (Css) para a foz do rio Madeira, no período de 1982 a 1984 61
- 22 - Radiação solar (Q_0), que atinge a superfície da Terra na ausência da atmosfera, entre as latitudes de 6°S e 16°S . (Dados expressos em termos de evaporação equivalente de água (mm.d^{-1})). 68
- 23 - Variação mensal da razão de insolação $\frac{n}{N}$, estimada para o Estado de Rondônia. 69
- 24 - Evapotranspiração potencial estimada para o Estado de Rondônia. 76
- 25 - Localização das bacias de drenagem dos rios Jiparanã e Jamari, posicionamento dos pluviômetros instalados pelo DNAEE e as áreas de influência de cada pluviômetro. 80
- 26 - Relacionamento entre vazão (Q), precipitação (P) e evapotranspiração (E) para as bacias dos rios Jiparanã e Jamari, durante o período de 1978 a 1984. 85

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
27 - Aspectos geológicos das principais bacias de drenagem do Estado de Rondônia. (<i>Dados extraídos do Projeto RADAMBRASIL, 1978</i>).	87
28 - Variação sazonal no transporte de cálcio, para o rio Madeira e principais tributários, durante o ciclo hidrológico.	98
29 - Variação sazonal no transporte de Magnésio, para o rio Madeira e principais tributários, durante o ciclo hidrológico.	99
30 - Variação sazonal no transporte de Potássio, para o rio Madeira e principais tributários, durante o ciclo hidrológico.	100
31 - Variação sazonal no transporte de Sódio, para o rio Madeira e principais tributários, durante o ciclo hidrológico.	101
32 - Variação sazonal no transporte de Cálcio, Magnésio, Potássio e Sódio, para o canal principal do rio Madeira, desde Porto Velho até Urucurituba, em abril de 1984.	107
33 - Variação espacial no transporte de Cálcio, Magnésio, Potássio e Sódio, para o canal principal do rio Madeira desde Porto Velho até Urucurituba, em janeiro de 1986.	108

LISTA DE QUADROS

<u>Quadro</u>		<u>Página</u>
1	- Roteiro de amostragem e o cronograma de realização das excursões terrestres relacionados com o estágio da hidrôgrafia.	23
2	- Seqüência das estações de amostragens.	25

CARACTERIZAÇÃO BIOGEOQUÍMICA DOS PRINCIPAIS
RIOS DO ESTADO DE RONDÔNIA

Jefferson Mortatti

- Autor -

Prof. Dr. Paulo Cesar O. Trivelin

- Orientador -

R E S U M O

Procurou-se, através da caracterização biogeoquímica dos principais rios do Estado de Rondônia, avaliar os efeitos locais e globais das possíveis alterações do ecossistema natural, que vem sofrendo nos últimos anos uma ocupação intensiva. Para tal foram realizadas excursões de amostragens, terrestres e fluviais, durante o período de abril de 1983 a janeiro de 1986. Os parâmetros analisados, permitiram um estudo detalhado sobre a qualidade físico-química das águas da região e seu relacionamento com a geologia local, associado ao transporte de material sólido e ao comportamento hidrológico do ecossistema.

De uma maneira geral, os rios do interior do Estado mostraram-se pobres em espécies iônicas dissolvidas, quando comparadas com o canal principal do rio Madeira. As variações sazonais no transporte dos sedimentos em suspensão, verificadas para os rios da região, apresentaram o mesmo padrão de comportamento, sendo observado um maior transporte durante o estágio de subida das águas do que no período de cheia, chegando

o rio Madeira ã um transporte de 2,85 milhões de toneladas por dia.

A evapotranspiração potencial estimada para a região foi de 1.420 mm.a^{-1} , onde 77% foi devido ao termo balanço de energia. A evapotranspiração real apresentou-se cerca de 94% da potencial estimada e o tempo de residência médio da água da chuva para a bacia de drenagem do rio Madeira foi de 2 meses. O comportamento isotópico do Hidrogênio e Oxigênio para as águas da região, mostrou-se típico dos grandes rios, com valores mais positivos durante a época seca e mais negativos durante a cheia. Estabeleceu-se um gradiente isotópico de $0,038^0/\text{oo } \delta^{18}\text{O} \cdot 100 \text{ km}^{-1}$, no trecho de Porto Velho até a foz, valor considerado baixo quando comparado ao obtido para o rio Solimões/Amazonas, de $0,063^0/\text{oo } \delta^{18}\text{O} \cdot 100 \text{ km}^{-1}$.

BIOGEOCHEMISTRY OF THE MAIN RIVERS
OF THE STATE OF RONDÔNIA

Jefferson Mortatti

- Author -

Prof. Dr. Paulo Cesar O. Trivelin

- Adviser -

S U M M A R Y

An attempt has been made to evaluate, through biogeochemical characterization of the main rivers of the State of Rondônia, the local and global effects of possible alterations in the ecosystem caused by the lately intensive occupation. Sampling was made both by land and river, during the period April 1983 - January 1986. The parameters analyzed lead to a detailed study of the physico-chemical quality of the waters of the region and their relationship with the local geology, associated with the transport of solid material and the hydrological behaviour of the ecosystem.

In general, the rivers of the Interior of the State were poor in dissolved ion species when compared with the main channel of the River Madeira. Seasonal variation of the transport of suspended sediment was kept at the same pattern, greater transport being observed on rising water rather than during high water. A transport of 2.85 million tons per day was observed in the River Madeira.

Estimated potential evapotranspiration for the region was 1,420 mm.a⁻¹, 77% due to the energy balance. Real evapotranspiration was 94% of the estimated potential and the mean residence time of the rainwater in the drainage basin of the River Madeira was 2 months. The isotopic behaviour of Hydrogen and Oxygen in the waters of the regions was typical of great rivers, the values being more positive during the dry season and more negative during the rainy season. An isotope gradient of 0.038⁰/oo δ¹⁸O.100.km⁻¹ was established from Porto Velho to the estuary, which was considered low when compared with the value obtained for the River Solimões/Amazon of 0.063⁰/oo δ¹⁸O.100.km⁻¹.

1. INTRODUÇÃO

A região Noroeste do Brasil, particularmente o Estado de Rondônia, vem sofrendo nos últimos anos um processo de ocupação intensiva, onde estão sendo desenvolvidas atividades que implicam na alteração da superfície vegetal. A colonização, gerada pela ocupação do solo, vem sendo realizada especialmente pela expansão da fronteira agrícola sendo as florestas naturais substituídas por culturas agrícolas de interesse econômico. Tal fato, aliado ao manejo inadequado dos solos da região, poderão num futuro breve alterar os fatores que caracterizam o ecossistema e determinam o atual equilíbrio dinâmico existente.

Diferentes métodos para se avaliar as possíveis alterações a que estão sujeitos ecossistemas naturais sob ocupação intensiva podem ser propostos. As metodologias empregadas no presente trabalho, procuram avaliar os efeitos locais e globais das alterações quantitativas nos componentes dos principais ciclos biogeoquímicos, podendo-se salientar o ciclo da água, dos nutrientes, da energia e do carbono, bem como o controle da qualidade físico-química das águas da rede de drenagem da região e o relacionamento das variáveis ambientais naturais em função de possí

veis ações antropogênicas.

O Governo Brasileiro, através do Ministério do Interior/SUDECO, e com recursos do Banco Mundial, preocupado com a problemática da ocupação humana no Estado de Rondônia, desde 1981 implementa o Programa de Desenvolvimento Integrado do Noroeste do Brasil - POLONOROESTE.

O Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através do Programa do Trópico Úmido (PTU), é responsável pela Coordenação do Componente Ciência e Tecnologia do POLONOROESTE, onde se insere o presente estudo, através do convênio CNPq/CENA/USP RD-CJR 170.1.391.0/82.

2. REVISÃO DE LITERATURA

São muitos os trabalhos citados na literatura, que tratam sobre estudos de balanço de nutrientes, transporte de material sólido, alterações biogeoquímicas em áreas florestadas, bem como caracterização físico-química das águas de drenagem de bacias hidrográficas e seu relacionamento com variáveis ambientais naturais e antropogênicas. A parte do grande número de dados coletados, a não homogeneidade das amostragens, falta de representatividade e metodologia bastante diversa, impedem a utilização da maioria dos resultados obtidos para uma discussão mais suscinta.

Os trabalhos aqui revisados, após uma análise prévia, foram considerados os mais importantes em relação ao assunto tratado e são apresentados a seguir.

SIOLI (1968), classificou as águas dos rios da Amazônia segundo as morfologias características das áreas de drenagem, em rios de água branca, clara e preta. Os rios de água branca, teriam como origem a região montanhosa andina e responsável pelo transporte de grande carga de sedimentos em suspensão, apresentando-se de uma forma geral, rica em es

pêcies iônicas dissolvidas. Exemplos: rio Amazonas e rio Madeira. Os rios de água clara, oriundos do Planalto Central, com o Latossolo, sendo o tipo de solo predominante. Quimicamente, seriam relativamente pobres em espécies iônicas dissolvidas. Os rios Tapajós e Xingu, foram relatados como exemplos dessa classe. Os rios de água preta, teriam como característica principal a grande quantidade de material húmico dissolvido e extremamente pobres em espécies iônicas inorgânicas dissolvidas. Seriam extremamente ácidos, com pH abaixo de 4,0. Como exemplo, foram citados os rios Negro e Cururú.

FITTKAU (1971), propôs a divisão da Bacia Amazônica em três regiões geoquimicamente distintas, com características ecológicas individuais uniformes, que teriam as águas superficiais como indicadores dos processos geoquímicos ocorridos na área em questão. Os escudos cristalinos periféricos norte (Guiana) e sul (Brasileiro), a Amazônia Central e a região Andina, pré-Andina e as Várzeas Holocênicas, seriam as unidades de classificação. A primeira, com uma disponibilidade variável de nutrientes, por apresentar uma litologia mais heterogênea. A segunda com concentração baixa de nutrientes, pois a geologia era relacionada a sedimentos fluvio-lacustres do Terciário e Pleistoceno, formando solos pobres. A terceira unidade, formada totalmente por sedimentos Andinos, apresentava material erodido e transportado pelos rios responsáveis pela drenagem da região, tornando-se ricos em eletrólitos. Genericamente, as unidades descritas apresentariam rios com águas claras, pretas e brancas, respectivamente.

GIBBS (1972), com base nos resultados químicos analíticos das amostragens realizadas durante um período de ciclagem sazonal para o rio Amazonas, estimou a concentração média de sais dissolvidos para os rios da América do Sul como sendo 62 ppm, dado esse inferior 11% ao obtidos até então.

SCHMIDT (1972), durante o período de agosto de 1969 a julho de 1970, coletou amostras do rio Amazonas em seu trecho médio, próximo à Manaus. Os resultados analíticos obtidos mostraram baixas concentrações de sais dissolvidos, correspondentes a condutividades elétricas de 44,8 - 83,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Verificou-se uma baixa capacidade de tamponação, embora os valores do pH da água tivessem variado ao redor do ponto neutro, de 6,5 a 7,5. Foram observadas variações sazonais na maioria das espécies químicas dissolvidas, apresentando um máximo de concentração coincidindo com o período chuvoso, quando o rio já começava a ter o nível de suas águas em ascendência.

GOLLEY et alii (1978), desenvolveram um estudo sobre a ciclagem de elementos minerais essenciais na floresta tropical úmida de baixa na província de Darien, República do Panamá. Foi elaborado um modelo capaz de descrever os movimentos dos elementos dentro dos componentes bióticos da floresta, e entre a biota e atmosfera, o solo e a água. As amostragens foram realizadas durante as estações secas e chuvosas do ciclo hidrológico. Com os dados das análises químicas puderam ser avaliados os depósitos e os fluxos dos nutrientes entre os compartimentos. Os autores concluíram que, a absorção anual da floresta era me

nor ou igual a 10% do conteúdo mineral dos componentes orgânicos da mesma; e a renovação, sempre menor que 150 anos e em geral menor que 20 anos. Esses dados indicaram uma possível repetição no ciclo de certos nutrientes nesse tipo de floresta estudada.

© BITTENCOURT (1978), através da aplicação de balanços hidrogeoquímicos na compreensão da evolução dos processos da dinâmica externa, caracterizou o transporte de material sólido hidrotransportado na Bacia hidrográfica do Rio Ivai, região noroeste do Paraná, e seu relacionamento com a litologia característica da região.

Comparando os dados de transporte de sedimentos obtidos no período 1976/1977, com os obtidos por GIBBS (1967) para a Bacia Amazônica, MEADE *et alii* (1979) verificaram que para regiões não perturbadas, como a do alto Rio Negro, nenhuma alteração no transporte de material sólido foi observada, ao passo que, para regiões sob influências antropogênicas, como é o caso da sub-bacia de drenagem do rio Madeira, um aumento significativo de até três vezes na concentração de sedimento transportado foi verificado.

SALATI e RIBEIRO (1979) discutem no artigo "Floresta e Clima", mesmo com poucos dados disponíveis, sobre as consequências da substituição ou simples destruição da cobertura vegetal da Região Amazônica. Como consequência direta apresentaram que um possível desmatamento reduziria o tempo de residência da água na bacia bem como o armazenamento em reservatórios subterrâneos, o que acarretaria inundações mais intensas no período das chuvas e a diminuição das vazões dos rios nos

períodos secos, respectivamente.

JUNK e FURCH (1980) desenvolveram um trabalho de caracterização química das águas de rios e igarapês da Bacia Amazônica e áreas adjacentes, trecho Cuiabá-Porto Velho-Manaus, bem como a incidência de macrófitas aquáticas. Foram coletadas 46 amostras de água e analisadas quanto aos parâmetros físico-químicos: pH, condutividade elétrica, Ca, Mg, Sr, Ba, Na, K, Mn, Fe, Al, Cu, Zn, C-orgânico, P-total e N-Kjeldahl. A análise dos resultados em combinação com as informações existentes sobre a geologia da região mostrou uma relação intensiva entre as águas e a geologia de suas áreas de captação.

RICHEY (1982) apresentou um modelo biogeoquímico para o estudo dinâmico do rio Amazonas, modelo tal que pudesse descrever detalhadamente os destinos dos componentes desde a entrada no sistema até o momento da saída. Os processos dinâmicos deveriam ser operados em escalas variáveis no tempo e espaço dentro do sistema, armazenando e transformando os componentes biogeoquímicos em trânsito. Em consequência disso, os fluxos e as formas químicas dos materiais exportados apresentariam-se diferentes dos encontrados inicialmente nas nascentes do rio, concluiu o autor.

Utilizando imagens do satélite LANDSAT na avaliação sobre a ocorrência de desmatamentos na Amazônia Brasileira, *FEARNSIDE (1982)* verificou que os desmatamentos em áreas de colonização em Rondônia, no período de 1973 a 1978, apresentavam tendências exponenciais, embora os dados não fossem ainda conclusivos. O autor coloca, mais como ilustra

ção do que previsão, que em termos da evidência exponencial do aumento do desmatamento, a maioria das partes da Amazônia poderiam ser desmatadas até o final do século e algumas regiões como Rondônia, ainda na presente década. Acrescentou a importância das decisões governamentais na proteção de áreas não designadas para o desmatamento e uso adequado daquelas sob ocupação humana.

As águas da Bacia Amazônica foram classificadas por *STALLARD e EDMOND (1983)*, segundo a soma total de cátions (TZ+), estando tal classificação associada ao substrato geológico e ao regime de erosão, controladores da composição química das águas superficiais. Segundo o autor, rios com TZ+ < 200 $\mu\text{eq}/\ell$ apresentariam baixas concentrações de cátions básicos e materiais altamente intemperizados formados por condições de erosão limitada pelo transporte. Rios com TZ+ entre 200 e 450 $\mu\text{eq}/\ell$, seriam típicos de concentrações de cátions básicos de baixa a média, com drenagem em terrenos silíceos e o controle geológico regido pela intemperização de silicatos. Os rios com TZ entre 450 e 3.000 $\mu\text{eq}/\ell$ apresentariam-se ricos em cátions, com drenagem de sedimentos marinhos e material de leito andino. Os valores de TZ+ > 3.000 $\mu\text{eq}/\ell$, pertenceriam aos rios cujo sistema de drenagem estariam relacionados aos evaporitos ricos em Na e Cl.

SANCHEZ (1983) avaliou em termos dinâmicos a fertilidade do solo após o desmatamento de uma área de floresta tropical úmida no Peru. Três lotes adjacentes, de uma floresta secundária de 17 anos, foram desmatados, queimados e sujeitos a três cultivos por ano, com e sem ferti

lização, durante um período de 8 anos. Segundo o autor, no primeiro ano as condições para o cultivo foram ótimas. Com o passar do tempo apareceram sintomas de deficiência de macro e micronutrientes. O cultivo contínuo sem completa fertilização diminuiu a produção e o conseqüente aumento na compactação superficial do solo aumentou o risco de erosão. Quando a fertilização requerida foi realizada juntamente com outras práticas agrícolas, os resultados obtidos foram opostos. Houve uma melhoria das propriedades químicas do solo e manutenção das propriedades físicas, aumentando dessa forma a produção.

O crescente aumento das áreas desmatadas em pontos distintos da Bacia Amazônica, segundo *SALATI et alii (1983)* deveria ser interpretado como função de uma série de eventos em cadeia. Devido a ausência da cobertura vegetal, ocorreria um aumento do escoamento superficial, com perdas rápidas para os rios e oceanos, diminuindo as possibilidades de recarga do solo e conseqüente reciclagem através da transpiração e precipitação. Tal alteração na reciclagem diminuiria a incidência de nuvens locais, o que causaria por efeito cumulativo, diminuição da precipitação média regional.

VITOUSEK (1983) através da análise dos possíveis efeitos que a derrubada das florestas causariam sobre o sistema ar-solo-água, caracterizou o desmatamento como o principal responsável pelo aumento das perdas de Carbono, Nitrogênio, Fósforo e Enxofre dos ecossistemas terrestres. De acordo com o autor, as perdas principais de Carbono orgânico seriam por remoção, queima dos resíduos florestais, decomposição acelerada

e erosão. Os mesmos processos de perdas incluiriam o Nitrogênio e Enxofre, associados com a lixiviação de NO_3^- e SO_4^{2-} para os cursos d'água e volatilização. O principal processo de perda de Fósforo seria a erosão, concluiu o autor.

SALATI e VOSE (1984) relataram que, a despeito do ativo desmatamento da última década, a Bacia Amazônica se comportava como um sistema ainda em equilíbrio dinâmico. A barreira andina na parte oriental em conjunção com os ventos predominantes do leste, assegurariam uma precipitação característica e um regime de reciclagem da água na Bacia. Segundo os autores, o contínuo desmatamento em larga escala causaria um aumento da erosão e escoamento superficial ocasionando possíveis ocorrências de cheias na parte baixa do Rio Amazonas. Tais eventos concorreriam no sentido de reduzir a evapotranspiração e conseqüente diminuição na precipitação pluviométrica propriamente dita, o que levaria a possíveis alterações climáticas inclusive em outras regiões do Brasil.

FURCH (1984) comparou a composição química das águas de vários corpos hídricos, segundo classificação de *FITTKAU (1971)*, classificando-as sob o ponto de vista exclusivamente químico e comparando-os com a composição média das águas mundiais estabelecida por vários autores. Conclui a autora que, a divisão geoquímica proposta por *FITTKAU (1971)* é refletida na composição química das águas que drenam as diferentes unidades de classificação, existindo porém diferenças locais na composição química das águas. Isso segundo a autora, requer um estudo da distribuição proporcional dos elementos nos corpos hídricos individuais, para um melhor entendimento hidrogeoquímico geral para a Amazônia.

SANTOS et alii (1985) evidenciaram que, através da composição química de amostras de água de percolação, provenientes de solos diferentes do Estado de Rondônia, a composição e a ordem de mobilidade dos elementos eram distintos segundo a classe de solo, mas semelhantes em função dentro da mesma classe. Verificaram ainda correlações altamente significativas entre as concentrações catiônicas das águas e dos solos. Concluíram os autores, ser o solo a fonte principal dos elementos dissolvidos nas águas e não a chuva. Segundo os mesmos, os cálculos das perdas de nutrientes pelas águas de percolação poderiam estimar a taxa de lixiviação segundo as classes de solos e o manejo da floresta.

MEADE et alii (1985), trabalhando com amostragens de sedimentos em suspensão no baixo rio Amazonas, concluíram que, durante os estágios de subida das águas, o sedimento em suspensão era armazenado por deposição no leito do rio e durante os estágios de descida, ocorria uma remobilização desse sedimento. Tal mecanismo, segundo os autores, estaria associado com a inclinação média da onda de cheia e essa inclinação seria menor, quando da subida das águas, do que em comparação com os estágios de descida. A descarga média anual de sedimento em suspensão no baixo rio Amazonas foi da ordem de $1,2 \times 10^9$ toneladas por ano.

3. CARACTERIZAÇÃO DO ECOSISTEMA

O ecossistema estudado abrangeu quase em sua totalidade o Estado de Rondônia, sede de um dos maiores movimentos migratórios in ternos do país na ocupação da Amazônia Legal Brasileira. Dados fornecidos por *VELHO (1984)* mostraram a variação da população residente na zona rural do Estado de Rondônia, de 16.138 pessoas entre 1960/1970 para 207.610 entre 1970/1980.

3.1. Situação Geográfica

O Estado de Rondônia, com uma superfície de 243.044 km², está situado entre os paralelos 7^o58' e 13^o43' de latitude sul e os meridianos 59^o50' e 66^o48' de longitude oeste do meridiano de Greenwich, limitando-se ao norte e nordeste, com o Estado do Amazonas; a leste e sudeste com o Estado do Mato Grosso; ao sul e oeste, com a República da Bolívia e, a noroeste com o Estado do Acre.

3.2. Clima

A região de estudo, possui um regime pluviométrico de características continentais, clima quente, com estação chuvosa no verão e acentuada seca no inverno. As temperaturas são bastante elevadas, com média anual em torno de 29°C. São duas as estações do ano: a das chuvas, com início em outubro e a das secas, em abril. De acordo com a classificação de Köppen, a região é caracterizada pelo tipo climático Am, correspondente às florestas tropicais com chuvas tipo convectiva. A oeste ocorrem as menores precipitações, com 1.750 mm.a⁻¹ e a leste atingindo cerca de 2.750 mm.a⁻¹. A umidade relativa da região é da ordem de 80 a 85% em média anual. (BRASIL. Ministério da Agricultura, 1980).

3.3. Geologia

A área é composta por litologias predominantemente pré-cambrianas, representadas por gnaisses, megmatitos, quartzitos, filitos e arcósios atravessados por rochas graníticas, que abrangem desde o Complexo Xingú a uma sequência vulcanossedimentar com granitos intrusivos. Na parte sudeste e no topo de alguns relevos mais elevados observam-se rochas sedimentares compostas de arenitos relacionados ao Paleozóico. Ao norte são encontrados sedimentos pliopleistocênicos da Formação Solimões com ocorrência local de aluviões heterogeneamente distribuídos. (PROJETO RADAMBRASIL, 1978).

3.4. Relevo

Os relevos que caracterizam a região não apresentam grandes elevações, sendo classificados como plano e suavemente ondulado e em áreas restritas como forte ondulado e montanhoso. Uma parte da área ao norte é tida como integrada à Planície Amazônica, com terras baixas alagadas, sendo em geral alagadiças. Para noroeste e nordeste manifestam-se elevações consideráveis como as serras Três Irmãos e Fortaleza. Para sudeste destacam as serras da Providência e Sargento Paixão, e para oeste e sudoeste às serras dos Parecis e Pacaás Novos, as quais possuindo cobertura de arenitos mesozóicos, constituem a formação Parecis. Essas serras juntamente com a do Uopiane, constituem três maciços, que se destacam em região ondulada, caindo suavemente até o rio Madeira. (*PROJETO RADAMBRASIL, 1978*).

3.5. Solos e Vegetação

A área estudada, apresenta o rio Madeira como coletor principal das águas, e responsável pelo modelamento superficial da região, com orientação geral no sentido sul-norte. Morfologicamente, o comportamento geral do processo erosivo segue essa orientação.

Os solos predominantes ao norte, nordeste e sudoeste, em relevo de plano a ondulado, são os Podzólicos Vermelho Amarelo e os Latos solos Vermelho Amarelo Álico. A fertilidade natural desses solos é restrita, necessitando de práticas racionais de manejo. Em áreas dispersas

ao norte e a noroeste apresentam-se os solos Podzólico Vermelho Amarelo Alíco Plíntico e Laterita Hidromórfica Alíca, sujeitos ao excesso de água e com baixa fertilidade. As lateritas se posicionam ainda, nos terraços mais altos dos rios. Na parte central e a sudeste são encontrados os solos Terra Roxa Estruturada Eutrófica e Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico, adequados ao uso agrícola. Encontram-se também nessa área, os solos Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico. Ainda a sudeste, são verificadas áreas significativas com solos Cambissolo Tropical Eutrófico, de alta fertilidade natural mas limitado quanto ao excesso de água. Os solos Hidromórficos Gleyzados Eutróficos e Distróficos e os Aluviais Distróficos são verificados nas planícies fluviais e sujeitos a período de inundação durante a época chuvosa. Dispersos em toda a área e com maior ocorrência a sudoeste e sudeste são notados os Afloramentos Rochosos e solos pouco profundos: Litólicos, Podzol Hidromórfico e Areias Quartzosas Alícas (*PROJETO RADAMBRASIL, 1978*).

A vegetação predominante na região é a chamada Floresta Tropical Amazônica de matas altas, onde diversas formações são verificadas: Floresta Aberta e Densa, Savana, Formação Pioneiras e Áreas de Tensão Ecológica. A Floresta Aberta se estende por todos os quadrantes, sendo interrompida a nordeste e a sudoeste pela Floresta Densa. A vegetação de Savana ocorre em núcleos na área florestal e em sua periferia desenvolvem-se áreas de contato, denominadas Áreas de Tensão Ecológica. As Formações Pioneiras são restritas, e geralmente relacionadas com áreas de deposição. São usadas para identificar as primeiras fases do estágio sucessão

.16.

rio das regiões ecológicas. Apresentam-se com vegetação de porte herbáceo, arbustivo ou arbóreo, com ou sem palmeira, dependendo da origem aluvial.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados bem como as metodologias empregadas na realização do presente trabalho foram relatados simultaneamente, visando uma melhor estruturação descritiva.

4.1. Área de Estudo

A área estudada é parte integrante da Amazônia Legal Brasileira, com drenagem pertencente a bacia hidrográfica Amazônica, destacando-se a sub-bacia de drenagem do rio Madeira, importante afluente da margem direita do rio Amazonas. A área de drenagem da sub-bacia do rio Madeira, é de aproximadamente 1.350.000 km² e envolve basicamente todo o Estado de Rondônia e parte do Amazonas.

4.1.1. Composição da Sub-Bacia do Rio Madeira

O rio Madeira, de escoamento no sentido nordeste, tem como formadores principais os rios Beni (Bolívia) e Mamoré, que contorna o território brasileiro na fronteira boliviana, com escoamento para o

norte. Dos seus afluentes mais importantes, estão aqueles da margem direita: Jiparanã ou Machado, Candeias, Jamari, Jaciparanã, Preto, Jacundã; dentro do Estado de Rondônia e os nos Manicoré e Aripuanã, complementares no escoamento para o rio Amazonas.

O rio Jiparanã apresenta uma bacia secundária formada pelos rios: Pimenta Bueno, Comemoração, Jarú e Machadinho, os quais drenam a área central do Estado, sob forte ocupação humana, assim como a bacia secundária do rio Jamari, completada pelo rio Candeias.

Dados recentes mostram a alteração da cobertura vegetal natural para o Estado de Rondônia (Figura 1), como sendo de 0,501% em relação à área total em 1975. Os dados até 1983, mostram uma alteração da cobertura vegetal de 5,742% ou seja, um aumento de mais de dez vezes em 8 anos, sendo que tais alterações vem ocorrendo justamente nas áreas das bacias secundárias do Jiparanã e Jamari, acima mencionadas, ao longo da rodovia BR-364, recentemente asfaltada, que liga Cuiabá a Porto Velho (*INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL, 1985*).

4.1.2. Metodologia de Amostragem: Excursões Terrestres e Fluviais

Para a execução do referido trabalho, foram realizadas 06 excursões terrestres e 02 excursões fluviais à Região Noroeste do Brasil, cujos roteiros podem ser observados na Figura 2, em estações previamente definidas.

O programa de amostragem elaborado, foi realizado sob a

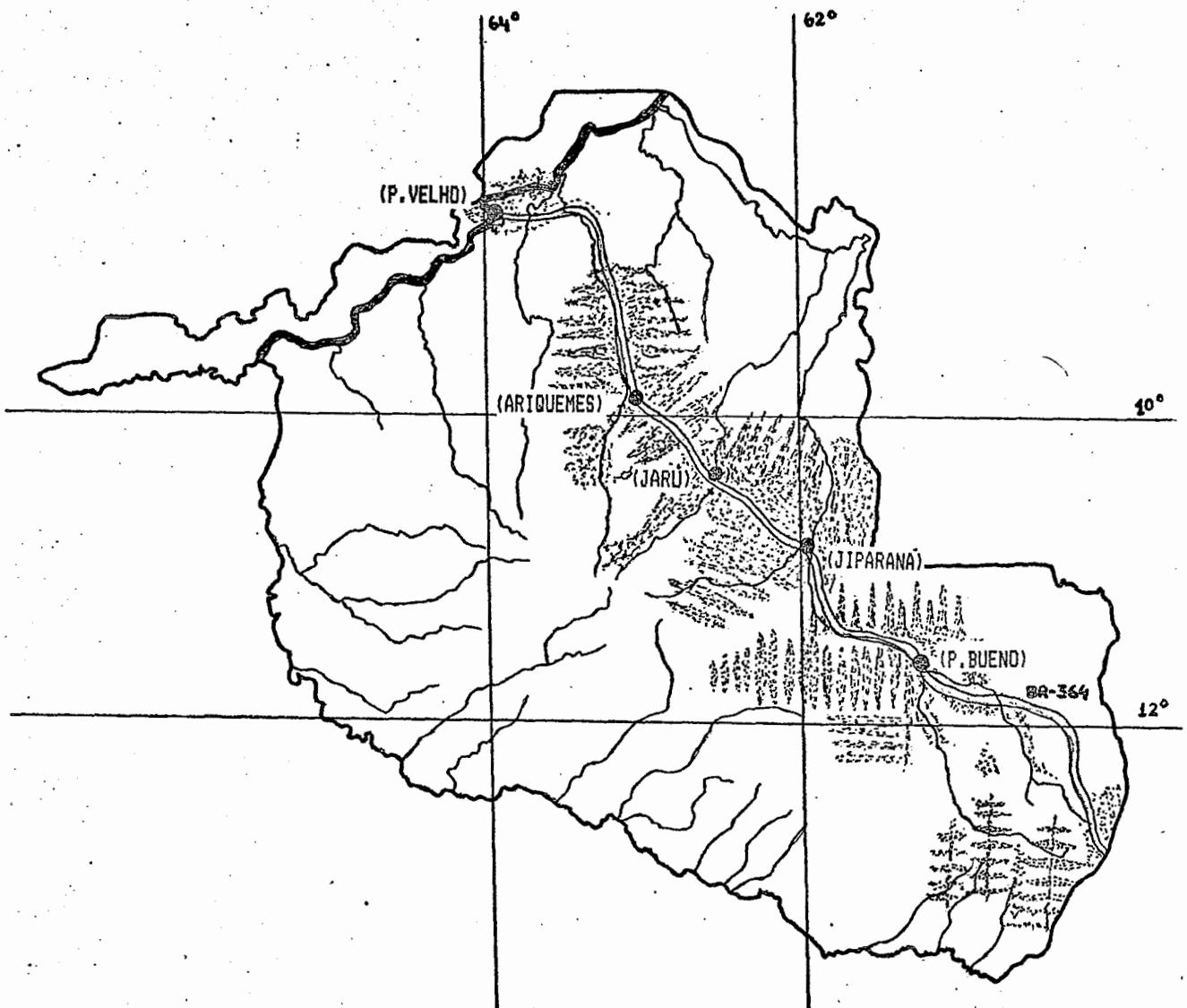


Figura 1 - Mapa do Estado de Rondônia, apresentando as áreas de ocorrência do desmatamento intensivo, ao longo da BR-364 que liga Cuiabá a Porto Velho. (Extraído do *INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL*, 1985).

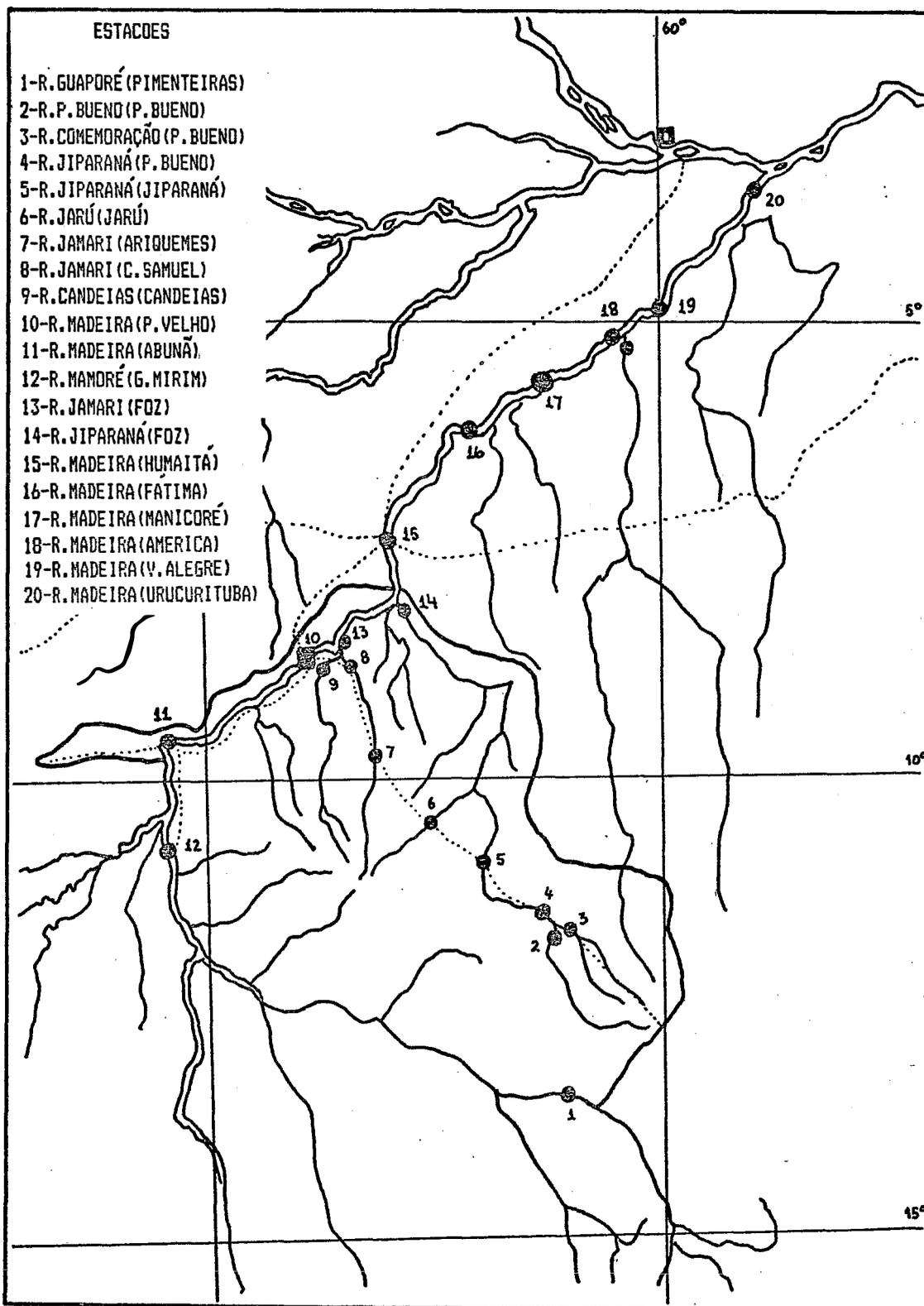


Figura 2 - Roteiro das estações amostradas durante as excursões terrestres e fluviais à região Noroeste do Brasil, no período de abril de 1983 a janeiro de 1986.

coordenação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) e colaboração do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) e Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA).

4.1.2.1. Excursões Terrestres

As excursões terrestres de amostragem na região estudada, foram realizadas com a utilização de uma caminhonete D-10, adquirida conforme convênio CNPq/CENA/USP, do Programa POLONOROESTE, equipada com um sistema manual de filtração à vácuo; amostrador de sedimento em suspensão para águas rasas, pontual, garrafa de Niskin, condutivímetro e pHmetro de campo, vidraria convencional de laboratório, sistema de preservação de amostras e frascos de polietileno para o acondicionamento e transporte das mesmas.

• Metodologia de Amostragens

Nas estações previamente definidas no roteiro terrestre, amostras de água dos principais rios da região foram coletadas com garrafa de Niskin à 2 m de profundidade, no eixo da corrente. As amostras coletadas foram destinadas à análise isotópica (^2H e ^{18}O) e química (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Al^{+3} , Fe^{+3} , SO_4^{2-} , Cl^- , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-}). As amostras para análise química foram filtradas à vácuo com filtro Millipore 0,45 μm , preservadas com HNO_3 e H_2SO_4 , na razão de 1 ml do ácido concentrado por litro de amostra, de acordo com as espécies a serem determinadas. As análises

químicas foram realizadas em espectrômetro de emissão com plasma induzido em Argônio-Jarrel Ash, modelo 975 e espectrofotômetro Varian modelo 634-S, acoplado a sistema de injeção em fluxo. Os parâmetros físico-químicos pH, condutividade elétrica e temperatura foram medidos "*in loco*", logo após as amostragens.

Com a utilização de um amostrador pontual foram coletadas amostras de sedimento em suspensão, no eixo da corrente a 2 m de profundidade. Volumes conhecidos das amostras homogeneizadas, foram filtrados a vácuo em filtro Millipore 0,45 μm , pré-pesados. Após a filtração, os filtros foram armazenados em recipientes de polietileno e conduzidos posteriormente para secagem em estufa a 65°C.

Pode ser observado no **Quadro 1**, o roteiro de amostragem e o cronograma de realização das excursões terrestres relacionados com os respectivos estágios da hidrôgrafia.

4.1.2.2. Excursões Fluviais

As excursões fluviais foram realizadas no trajeto Manaus-Porto Velho, em estações previamente definidas, com a utilização da L.M. Amanai, cedida pelo INPA.

A L.M. Amanai, mostrada na **Figura 3**, apresenta condições ótimas para pesquisa, pois conta com laboratório equipado para análises imediatas dos principais parâmetros físico-químicos de interesse e um guincho amostrador integrador de profundidade onde são adaptadas garrafas

Quadro 1 - Roteiro de amostragem e o cronograma de realização de excursões terrestres relacionados com o estágio da hidrografia.

ESTAÇÃO (LOCALIDADE)	EXCURSÕES REALIZADAS E ESTÁGIO DA HIDRÓGRAFA						
	ABR/MAI (83)	JUL/AGO (83)	JAN/FEV (84)	OUT/NOV (84)	AGO/SET (85)	MARÇO (86)	
1. Igarapé Piracolina (<i>Vilhena</i>)	-	-	subida	subida	seca	subida	
2. Rio Guaporé (<i>Pimenteiras</i>)	-	descida	-	subida	seca	-	
3. Rio Comemoração (<i>P. Bueno</i>)	descida	descida	subida	subida	seca	cheia	
4. Rio Pimenta Bueno (<i>P. Bueno</i>)	descida	descida	subida	subida	seca	cheia	
5. Rio Jiparanã (<i>P. Bueno</i>)	descida	descida	subida	subida	seca	cheia	
6. Rio Jiparanã (<i>Jiparanã</i>)	descida	descida	subida	subida	seca	cheia	
7. Rio Jarū (<i>Jarū</i>)	descida	descida	subida	subida	seca	cheia	
8. Rio Jamari (<i>Ariquemés</i>)	descida	descida	subida	subida	seca	cheia	
9. Rio Candeias (<i>Candeias</i>)	descida	descida	subida	seca	descida	subida	
10. Rio Jamari (<i>Caeh. Samuel</i>)	descida	descida	subida	subida	seca	cheia	
11. Rio Madeira (<i>P. Velho</i>)	descida	descida	subida	subida	seca	cheia	
12. Rio Madeira (<i>Humaitã</i>)	-	descida	subida	subida	seca	cheia	
13. Rio Madeira (<i>Palmeiras</i>)	descida	-	subida	subida	seca	cheia	
14. Rio Madeira (<i>Abunã</i>)	-	descida	subida	-	-	-	
15. Rio Mamoré (<i>Guajará Mirim</i>)	-	descida	subida	subida	-	-	

para coleta de água e sedimento em suspensão bem como dispositivos para coleta de sedimento de fundo.

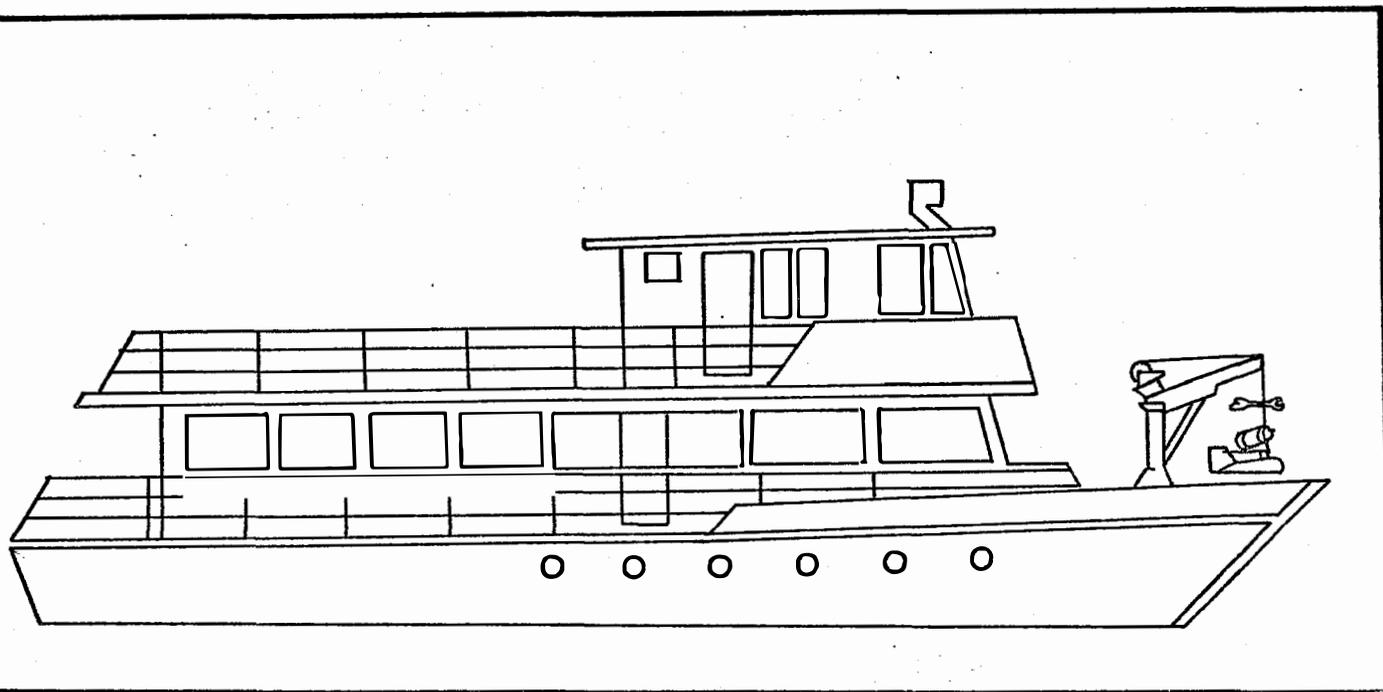


Figura 3 - Lancha motor AMANAÍ, com 19 m de comprimento; 5,2 m de largura; calado de 1,5 m e velocidade de cruzeiro de 20 km/h.

O rio Madeira foi dividido em 7 setores, na sua parte navegável (desde a foz no rio Amazonas até Porto Velho em Rondônia), sendo amostradas as estações de cada setor no canal principal, bem como as estações correspondentes aos seus principais tributários.

O **Quadro 2** mostra a sequência das estações de amostragens.

Quadro 2 - Sequência das estações de amostragens.

L O C A L	DISTÂNCIA (km)	C L A S S I F I C A Ç Ã O
Porto Velho	0	Rio Madeira (<i>canal principal</i>)
Foz do Jamari	80	Rio Jamari (<i>Tributário</i>)
Foz do Jiparanã	173	Rio Jiparanã (<i>Tributário</i>)
Humaitã	285	Rio Madeira (<i>canal principal</i>)
Fátima	474	Rio Madeira (<i>canal principal</i>)
Foz do Manicorê	590	Rio Manicorê (<i>Tributário</i>)
Manicorê	597	Rio Madeira (<i>canal principal</i>)
América	766	Rio Madeira (<i>canal principal</i>)
Aripuanã	780	Rio Aripuanã (<i>canal principal</i>)
Vista Alegre	797	Rio Madeira (<i>canal principal</i>)
Urucurituba	1.029	Rio Madeira (<i>canal principal</i>)

a) Metodologia de amostragem

A seção transversal do canal no local da estação de coleta foi dividido em 14 perfis. Desses, 07 foram destinados à coleta de água para análise de sedimentos em suspensão e 07 para análises químicas. A distribuição foi feita de maneira intercalada, conforme pode ser observado na Figura 4. Nos perfis destinados a análise química, coletaram-se amostras de águas superficiais (2 metros de profundidade) com garrafas de Niskin.

As amostras de água para análise química foram coletadas através de um amostrador integrador de profundidade, constituído de um guincho hidráulico, que levava em sua extremidade inferior um lastro de chumbo em forma de torpedo. Acoplado logo acima deste lastro, encontrava-se uma armação de metal na qual era colocada a garrafa de amostragem e acima o molinete para a medida de velocidade. (Figura 5).

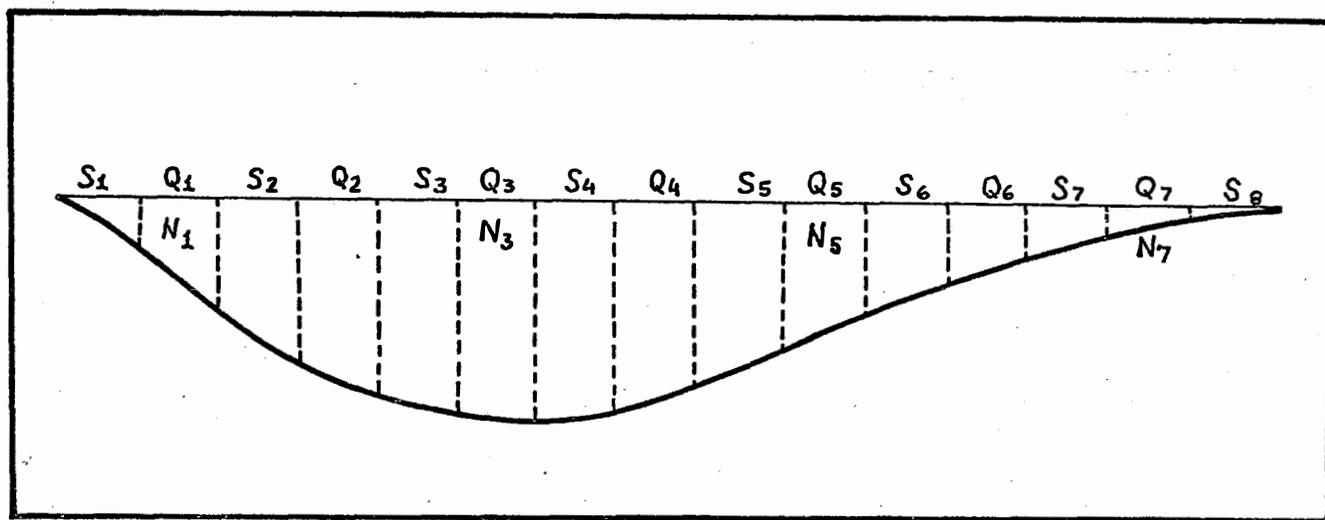


Figura 4 - Representação esquemática da seção transversal do canal em uma estação de amostragem, onde os perfis amostrados são os seguintes: S - Sedimentos em suspensão; Q - Química e N - Garrafa de Niskin.

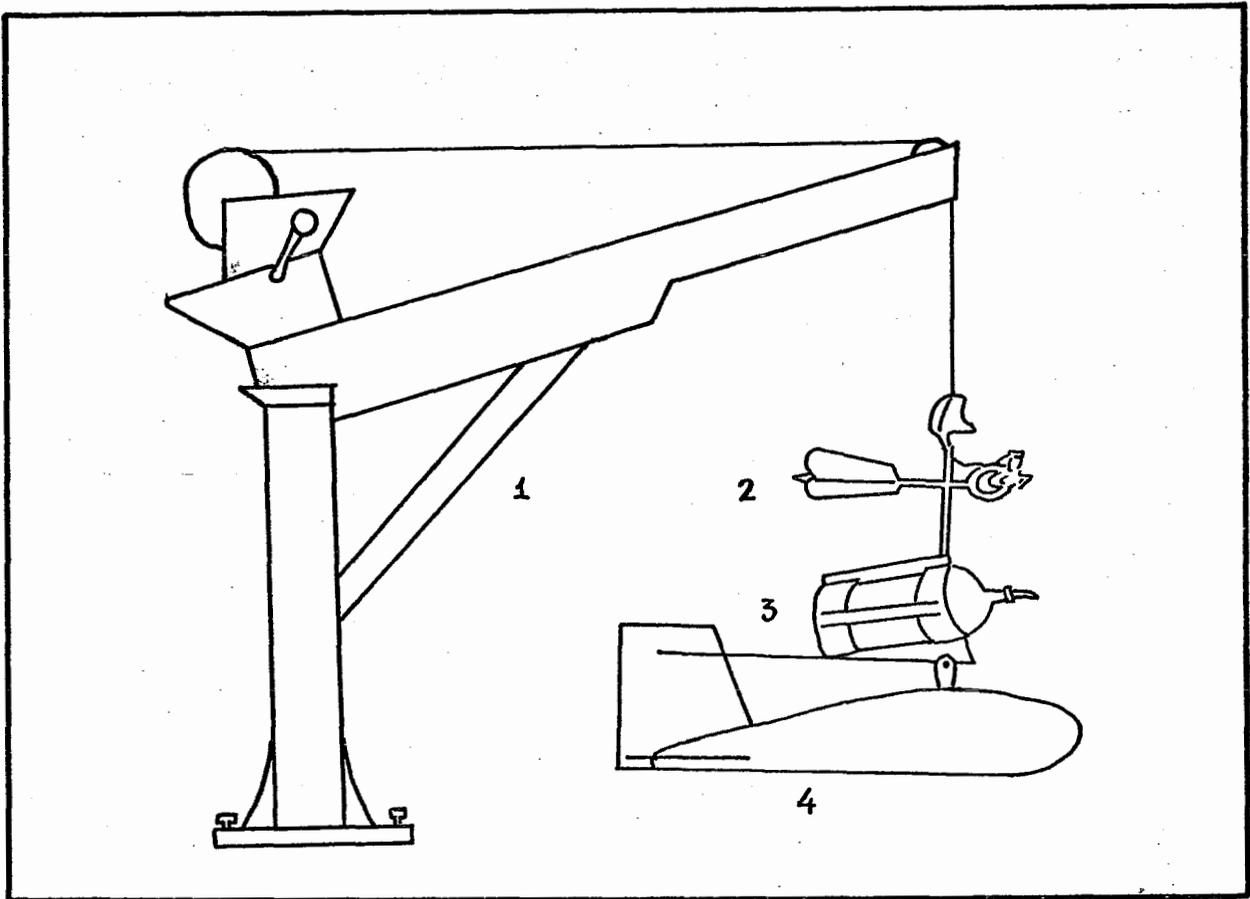


Figura 5 - Esquema do guincho hidráulico utilizado para amostragens com integração no perfil. 1 - Guincho hidráulico; 2 - Molinete; 3 - Garrafa de amostragem e 4 - Lastro de chumbo.

A escolha do bico adequado, acoplado a garrafa de amostragem, deveria ser tal que proporcionasse uma amostra representativa do perfil; os parâmetros que determinaram a escolha do bico foram:

- velocidade da corrente do rio (V_a);
- velocidade de trânsito do guincho (VTG);
- diâmetro do bico (Φb).

Uma relação prática, porém que assegurasse uma amostra representativa foi assim considerada:

$$\frac{VTG}{V_a} \leq 0,2$$

A velocidade da corrente do rio (V_a) foi calculada da seguinte forma:

$$V_a = Q_i / (Z \times L) \dots \dots \dots (1)$$

onde:

- Q_i = vazão medida na estação anterior;
- Z = profundidade média obtida com sonar;
- L = largura do rio calculada pelo sestante.

A velocidade de trânsito do guincho (VTG) foi calculada da seguinte forma:

$$VTG = \frac{Q_i}{A} \dots \dots \dots (2)$$

onde:

Q_i = vazão da estação anterior.

A = área do bico.

Conforme o bico escolhido foi determinado a velocidade de trânsito do guincho, da ordem de 20% ou menos que a velocidade da corrente do rio. Um maior detalhamento metodológico é apresentado por RICHEY *et alii* (1986).

As coletas das amostras de água para análise de sedimento em suspensão foram realizadas da mesma maneira, mudando-se somente a garrafa de amostragem.

Finalmente, as coletas com garrafa de Niskin foram realizadas prendendo-a logo acima do molinete, a 2 m de profundidade.

b. Avaliação dos Parâmetros Hidrológicos

b.1. Profundidade e Perfil do Leito do Rio

A cada estação procedeu-se o levantamento da profundidade bem como do perfil do leito do rio com auxílio de um sonar.

b.2. Largura do Rio (L)

No início da operação de amostragem, o barco era posicionado em uma das margens e na margem oposta colocada 03 (três) bandeiras distantes de 100 m uma da outra. (Figura 6).

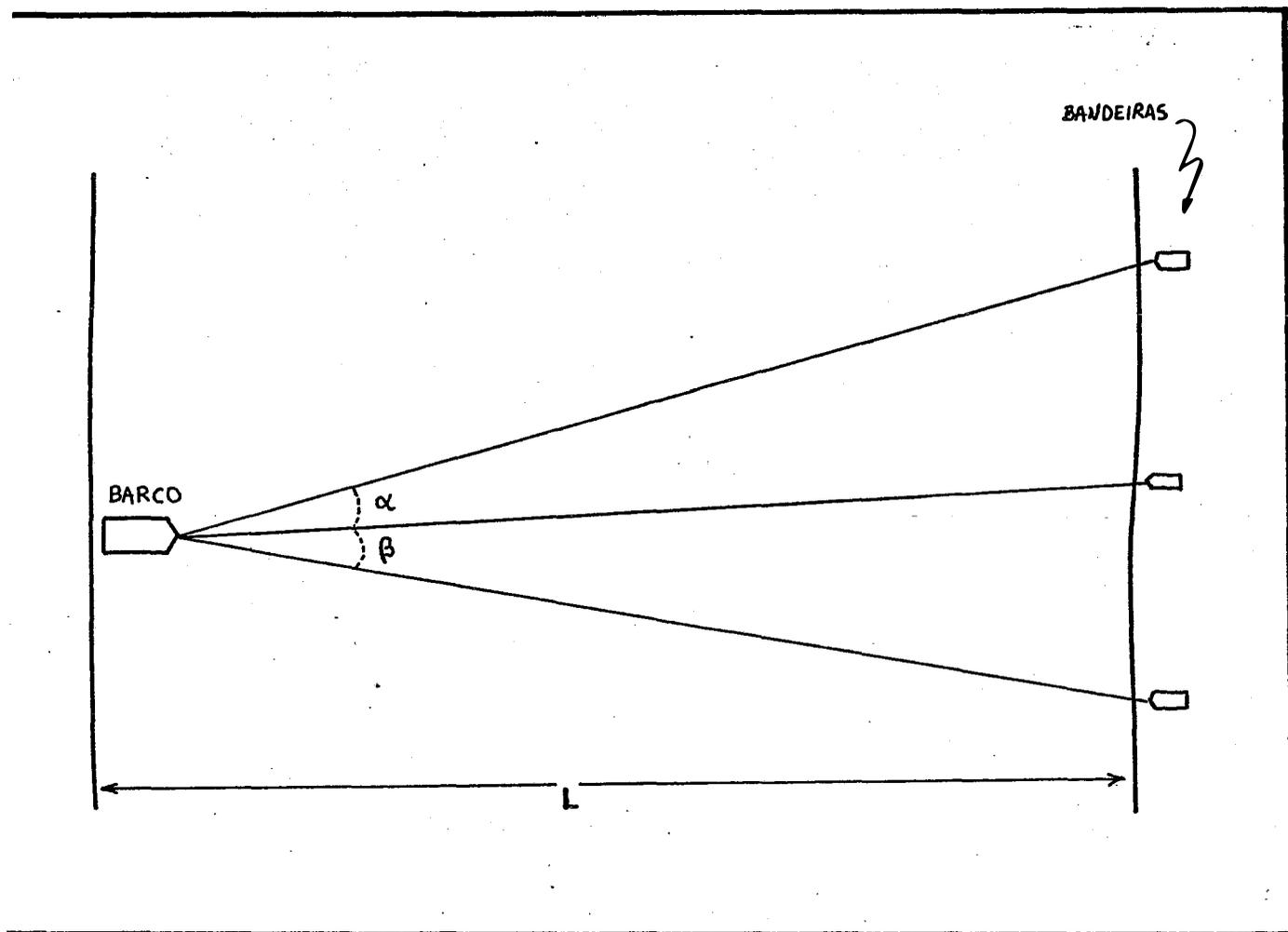


Figura 6 - Ilustração do posicionamento do barco, entre as bandeiras, para a determinação da largura do canal.

Com o auxílio do sextante obtivesse os ângulos α e β e através da lei dos senos obtivesse a largura do rio (L).

b.3. Largura do Perfil

Uma vez obtida a largura do rio (L) e dividida pelo número de perfis, obtivesse a largura de cada perfil. Através de equacionamento simples, determinou-se os respectivos ângulos α e β para o posicionamento do barco em cada perfil de amostragem.

b.4. Velocidade do Rio (V_a)

A velocidade do rio determinada pelo método do molinete (Price Meter), sendo este acoplado ao guincho hidráulico, condutor da garrafa de amostragem, portanto a velocidade era integrada para todo perfil.

b.5. Vazão (Q_i)

Com os dados de velocidade da corrente de cada perfil e a área (profundidade medida com sonar ou guincho x largura obtida através de ângulos), foi calculada a vazão inicial, já que:

$$Q = V \times A \dots\dots\dots (3)$$

Porém, devido o barco não permanecer na mesma posição por ação dos ventos e corrente do rio, sofria sempre um deslocamento (Δ), o qual teve que ser quantificado e a vazão recalculada. (Figura 7).

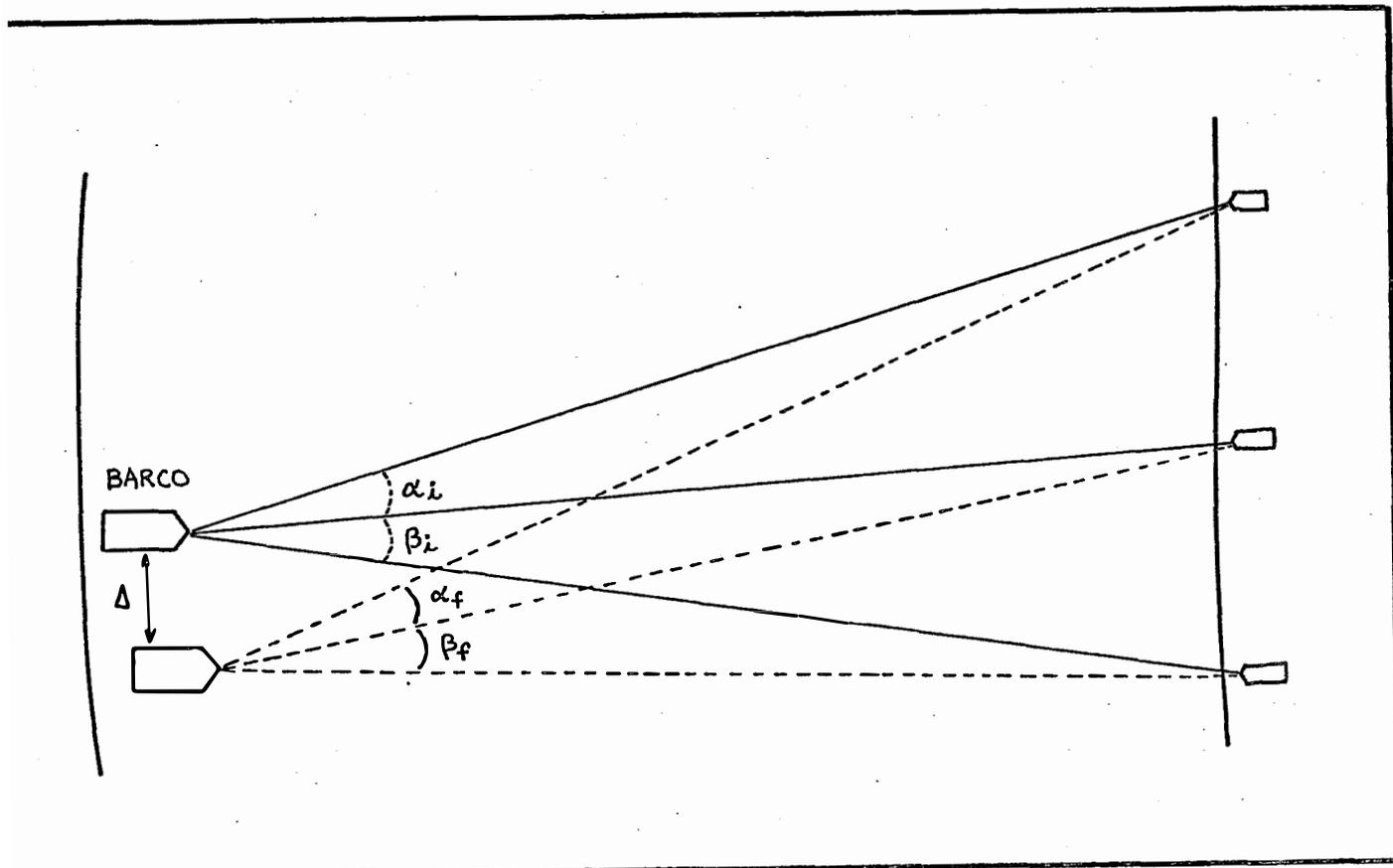


Figura 7 - Deslocamento sofrido pelo barco durante a coleta de amostra em um determinado perfil.

Com a utilização de um programa para calculadora HP 41C para o qual foram fornecidos os ângulos iniciais entre as bandeiras (α_i e β_i) e os ângulos finais (α_f e β_f) obteve-se o valor da mudança da posição do barco (Δ).

c. Processamento das Amostras

c.1. Sedimentos

Amostras de sedimentos em suspensão foram preparadas passando-se o volume de água contido ao amostrador integrador através de peneira de 0,063 mm (250 "mesh"), sendo o conteúdo das peneiras acondicionadas em placas de Petri para posterior análise. O volume de água de cada amostra de cada perfil foi colocada em recipientes misturadores para composição das amostras compostas, que representavam a integração de todos os perfis do rio. Foi tomada uma alíquota, sendo filtrada a vácuo com filtros de 0,45 μ m de diâmetro de poro, pré-pesados, secos em estufa a 50°C e armazenados, destinando-se estas amostras a análises químicas e granulométricas.

c.2. Química

As amostras retiradas do amostrador integrador de profundidade foram divididas em duas alíquotas:

- a) Alíquota de 100 ml foi filtrada a vácuo (0,45 μ m), sendo destinada a análise das espécies químicas de inte

resse.

- b) Alíquota destinada para a obtenção da amostra composta de toda seção do rio, seguindo dois caminhos:
- c) Idem ao item a.
- d) O restante da amostra composta do misturador foi passada numa peneira de 0,063 mm (250 "mesh"), sendo o material retido na peneira armazenado em frascos plásticos para posterior análise. O filtro foi levado para um depósito que alimentava uma centrífuga contínua, o sedimento aderido às paredes da centrífuga foi secado a 50°C em estufa e posteriormente analisado.

c.3. Niskin

Da garrafa de Niskin foram tomadas amostras em duplicata para pH, sendo as mesmas usadas para determinar condutividade e temperatura, sendo estas amostras analisadas à bordo.

Amostras para isótopos estáveis foram tomadas do Niskin, e posteriormente analisadas, as amostras para análise das espécies químicas foram preparadas de duas maneiras:

- amostras não filtradas e não fixadas;
- amostras filtradas à vácuo em filtro de 0,45 µm de diâmetro de poro e fixada com HNO₃ (1 ml por 1000 ml).

As análises químicas realizadas no barco foram conduzidos com um espectrofotômetro Bausch - Lomb, Spectronic 70.

4.2. Avaliação do Regime Hídrico do Ecossistema

As medidas de vazão dos cursos d'água e alturas pluviométricas locais foram realizadas pelo DNAEE, conforme programa de instalação e operação de estações hidrometeorológicas no Estado de Rondônia, dentro do Programa POLONOROESTE, no Sub-Programa "*Avaliação do Regime Hidrometeorológico no Noroeste do Brasil*", e cedidas para a execução do presente trabalho.

As determinações das vazões realizadas durante as excursões fluviais quando comparadas com as medidas pelo DNAEE, apresentaram diferenças inferiores a 5%.

4.3. Comportamento Isotópico do Hidrogênio e Oxigênio nas Águas da Rede de Drenagem do Rio Madeira

Procurou-se avaliar a composição isotópica de ^2H e ^{18}O das águas dos principais rios componentes da bacia do rio Madeira e o seu comportamento em função das variações sazonais, espaciais e temporais, através da análise das amostras coletadas durante as excursões realizadas na região.

Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ foram determinados nos Laborau

tórios de Espectrometria de Massa da Seção de Isótopos Estáveis e Hidrologia do CENA, Universidade de São Paulo. As análises de ^{18}O foram realizadas segundo metodologia desenvolvida por *EPSTEIN e MAYEDA (1953)*, modificada por *MATSUI (1980)*, usando um espectrômetro de massa Micromass 602E e as análises de ^2H , segundo *FRIEDMAN (1953)*, modificada por *MATSUI et alii (1971)* com um espectrômetro de massa GD-150.

As concentrações $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ foram determinadas em relação ao padrão SMOW ("*Standard Mean Ocean Water*"), definido por *CRAIG (1961a)* como:

$$\delta^{18}\text{O} (\text{‰}) = \frac{{}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O} (\text{amostra}) - {}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O} (\text{SMOW})}{{}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O} (\text{SMOW})} \times 10^3 \dots (4)$$

$$\delta^2\text{H} (\text{‰}) = \frac{{}^2\text{H}/{}^1\text{H} (\text{amostra}) - {}^2\text{H}/{}^1\text{H} (\text{SMOW})}{{}^2\text{H}/{}^1\text{H} (\text{SMOW})} \times 10^3 \dots (5)$$

Na maioria dos casos, o desvio padrão dos resultados obtidos foi menor que 2‰ para ^2H e menor que 0,2‰ para ^{18}O .

4.4. Transporte dos Sedimentos em Suspensão

Através das amostragens realizadas no canal principal do rio Madeira e em seus principais tributários, segundo metodologia descrita nos tópicos a e c do item 4.1.2.2, determinou-se a descarga dos sedimentos em suspensão, visando quantificar e qualificar o transporte de material sólido, possibilitando assim, caracterizar o ecossistema em es

tudo e posteriormente avaliar as possíveis degradações estimando as taxas de erosão, pelas alterações na carga transportada, em variações espaciais, sazonais e temporais.

4.5. Estimativa da Evapotranspiração Potencial para o Estado de Rondônia

Estabeleceu-se através dos dados disponíveis, uma estimativa da evapotranspiração potencial para o Estado de Rondônia, tomando-se por base o método de Penman adaptado para condições de floresta tropical (*VILLA NOVA et alii, 1976*). Para tal, foi necessário o levantamento de dados meteorológicos complementares sobre a região e cálculos teóricos para o balanço de água e energia.

4.5.1. Cálculo Teórico da Radiação Solar que Atinge a Superfície da Terra na Ausência da Atmosfera

A radiação solar Q_0 , que atinge a superfície do solo, considerando ausente a atmosfera foi calculado através da equação (6):

$$\frac{dQ_0}{dt} = \frac{J_0}{R^2} (\sin \delta \cdot \sin \Phi + \cos \delta \cdot \cos \Phi \cdot \cos h) \dots \dots (6)$$

onde:

$$J_0 = 1,94 \text{ cal.cm}^2.\text{min.}^{-1} \text{ (constante solar).}$$

R = raio vetor da Terra (distância do centro da Terra ao centro do Sol, expressa em termos do comprimento do

semi-eixo maior da órbita terrestre).

δ = declinação solar.

Φ = latitude do observador.

h = ângulo horário solar.

A energia solar que chega em um dia de determinado mês foi calculada através da integração da equação (6), variando-se o ângulo horário solar, h , do nascer ao por do sol e considerando Φ , δ e R constantes.

4.5.2. Estimativa da Radiação Solar que Atinge a Superfície da Terra Considerando a Atmosfera

Os cálculos de estimativa da radiação solar que atinge a superfície da Terra na presença da atmosfera, Q_s , foi realizado através da equação (7):

$$Q_s = Q_0 \left(a + b \frac{n}{N} \right) \dots \dots \dots (7)$$

onde:

$\frac{n}{N}$ = razão de insolação;

a e b = parâmetros de transparência da atmosfera para onda curta, constantes particulares para cada região.

A equação (7) é obtida através de regressão linear simples entre $\frac{Q_s}{Q_0}$ (radiação solar medida e teórica) e $\frac{n}{N}$ razão de insolação.

4.5.3. Estimativa da Evapotranspiração Potencial Usando a Equação de Penman Modificada para Condições de Floresta Tropical

O método de *Penman (1948)*, citado por *VILLA NOVA et alii (1976)*, utilizado para a estimativa da evapotranspiração é expresso através das seguintes equações:

$$E_T = E_H + E_A \dots \dots \dots (8)$$

$$E_H = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} H \dots \dots \dots (9)$$

$$E_A = \frac{\gamma}{\Delta + \Delta} E_a \dots \dots \dots (10)$$

$$H = Q_0 \left(a + b \frac{n}{N} \right) (1 - R) - \sigma T_a^4 (a' - b' \sqrt{e}) \left(a'' + b'' \frac{n}{N} \right) \dots \dots (11)$$

$$E_a = 0,35 (1 + 0,54 V_2) (e_s - e) \dots \dots \dots (12)$$

onde:

- E_T = evapotranspiração potencial (mm.d⁻¹);
- E_H = fração de E_T devido ao balanço de energia (mm.d⁻¹);
- E_A = fração de E_T devido ao déficit de saturação do ar;
- H = balanço de energia local (mm.d⁻¹);
- E_a = poder evaporante do ar à sombra (mm.d⁻¹);

- $\frac{\Delta}{\gamma}$ = uma constante função da temperatura média do ar;
 Q_0 = radiação solar diária (mm.d^{-1});
 a' e b' = parâmetros de transparência da atmosfera para on
da curta;
 a'' e b'' = parâmetros de transparência da atmosfera para on
da longa;
 R = poder refletor da superfície evaporante;
 σ = constante de Stefan-Boltzmann ($2,01 \times 10^{-9} \text{ mm H}_2\text{O/d } ^\circ\text{K}^4$);
 $\frac{n}{N}$ = razão de insolação;
 T_a = temperatura média do ar à sombra ($^\circ\text{K}$);
 e = tensão parcial de vapor (mm Hg);
 e_s = tensão de saturação do vapor d'água a temperatura
do ar (mm Hg);
 V_2 = velocidade do vento medida a 2 m acima da superfí
cie evaporante.

Considerando as modificações propostas na equação de *Penman*, para condições de floresta tropical, foram utilizadas na estimativa da evapotranspiração potencial as seguintes equações:

$$E_{T_m} = E_{H_m} + E_{A_m} \dots \dots \dots (13)$$

$$E_{H_m} = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} + H_m \dots \dots \dots (14)$$

$$E_{A_m} = \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} E_{a_m} \dots \dots \dots (15)$$

$$H_m = Q_0 (0,26 + 0,51 \frac{n}{N}) (1 - R) - \sigma T_a^4 (0,56 - 0,09 \sqrt{e}) (0,1 + 0,9 \frac{n}{N}) \dots \dots (16)$$

$$E_{a_m} = 0,35 (1 + 0,216 V_{10}) (e_s - e) \dots \dots \dots (17)$$

onde os índices m e V₁₀ referem-se ao maciço florestal e velocidade do vento medida a 10 m de altura, respectivamente.

4.6. Estimativa da Evapotranspiração Real ao Nível de Bacias Secundárias

As bacias secundárias dos rios Jiparanã e Jamari, com áreas de 60.350 e 30.430 km² respectivamente, englobando cerca de 90% da área de construção da BR-364, no trecho Vilhena a Porto Velho, tiveram a evapotranspiração real estimada, utilizando a equação de balanço hídrico em base anual, período de 1978 a 1984. A avaliação das precipitações médias representativas das áreas em questão foi estimada utilizando-se o método de triangulação de Thiessen. Todos os dados de vazão e precipitação foram obtidos através do DNAEE.

A importância da estimativa da evapotranspiração para essas áreas, se deve ao fato da ocorrência de uma colonização intensiva nos últimos anos e ao desmatamento inconsciente como consequência direta.

4.7. Caracterização Química das Águas da Rede de Drenagem do Rio Madeira

Através da caracterização química das águas da rede de drenagem do rio Madeira, procurou-se avaliar o comportamento dos nutrientes no ecossistema, primeiramente de uma forma geral, determinando os fluxos e as possíveis variações temporais, espaciais, em função do desmatamento intensivo e urbanização. Esses efeitos também foram estimados localmente, avaliando o comportamento de algumas estações situadas em regiões sob ocupação humana e outras em ambiente natural.

Conduziu-se, também, no canal principal do rio Madeira, a distribuição temporal e espacial dos nutrientes: Ca, Mg, Na e K, com os respectivos fluxos e relacionamentos com os solos e a geologia local.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Avaliação do Regime Hídrico do Ecossistema

Pode ser observado na **Figura 8**, o relacionamento entre a precipitação representativa do ecossistema e a vazão, na estação de Humaitã (AM). (*Dados médios de 15 anos de observações, fornecidos pelo DNAEE*). A citada figura, permite estimar o tempo médio de residência da água da chuva, ou seja, o intervalo de tempo necessário para a água da chuva infiltrar no solo e escoar até o ponto de saída considerado da bacia. Esse tempo, mostrou-se ser em torno de 2 meses, conforme o esperado para grandes bacias hidrográficas, valor próximo ao obtido por *GONÇALVES (1979)*, de 2,3 meses, para a estação de Porto Velho (RO), através do uso de isótopos estáveis na determinação do tempo de residência da água da chuva.

Como pode ser observado, os períodos de menor precipitação foram os relativos ao trimestre junho, julho e agosto e os de precipitação máxima os meses dezembro, janeiro, fevereiro e março. A precipitação total anual foi superior a 2.400 mm para a região norte do Estado e próxima a 1.600 mm na região sul.

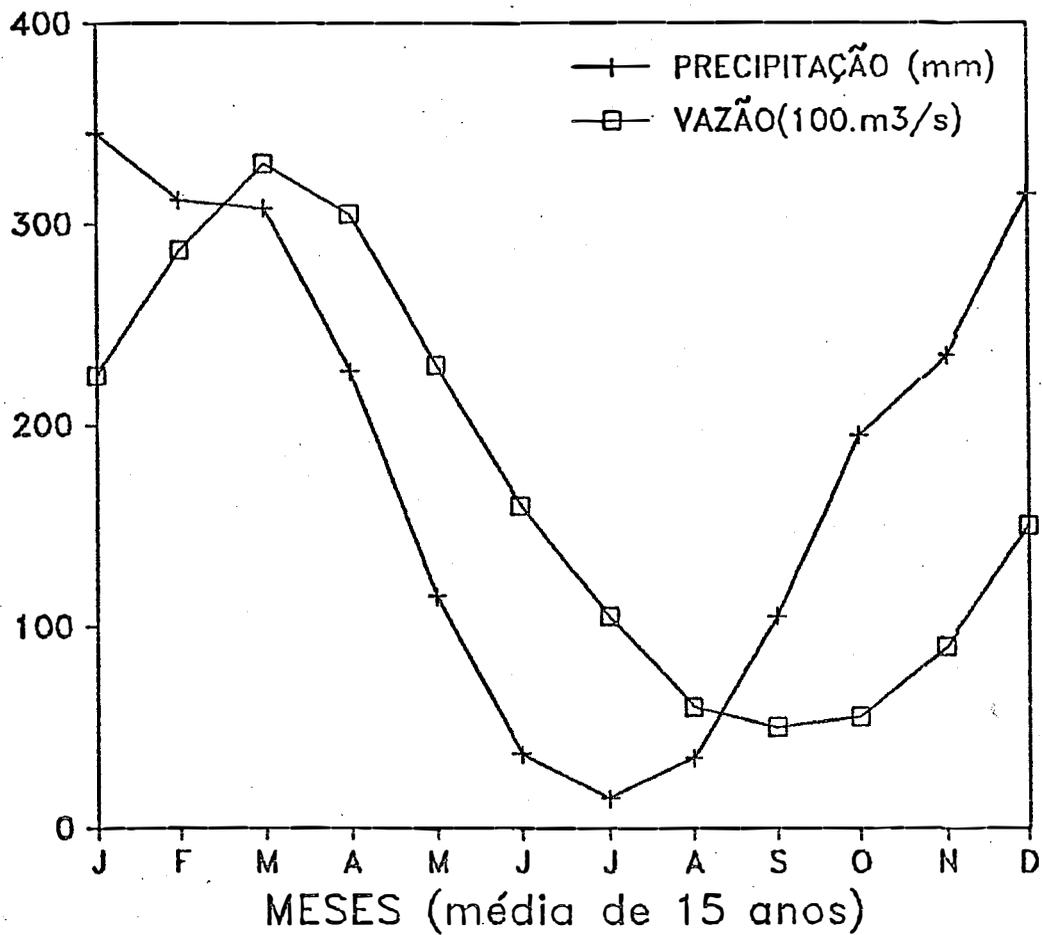


Figura 8 - Relacionamento sazonal entre a precipitação e a vazão para a estação de Humaitã (AM). (Dados médios de 15 anos, fornecidos pelo DNAEE).

As Figuras 9 e 10 apresentam as distribuições mensais da precipitação e vazões médias, para as bacias secundárias dos rios Jiparáná e Jamari, no período de 1978-1984, no ponto de saída da bacia, estações de Tabajara (RO) e Foz do Jamari (RO), respectivamente.

Em ambos os casos, pode ser observado um tempo de residência médio da água da chuva, também em torno de 2 meses.

Os parâmetros hidrológicos, determinados nas estações de amostragens pré-definidas durante as excursões fluviais: velocidade, vazão, profundidade e largura do canal amostrado, podem ser vistos na Tabela 1, conforme excursões realizadas em abril de 1984 e janeiro de 1986.

Através das Figuras 11 e 12 podem ser observadas as distribuições da velocidade da corrente nos perfis de profundidade e largura do canal para as estações do rio Madeira em Porto Velho e Urucurituba (próximo a foz). De uma forma clara pode ser verificada as diferenças nos níveis de água, indicando estágios distintos da hidrógrafa para as duas épocas das excursões fluviais realizadas. A excursão realizada no mês de abril de 1984 foi relacionada como período de cheia e a de janeiro de 1986, como período de subida das águas.

5.2. Comportamento Isotópico do Hidrogênio e Oxigênio nas Águas da Rede de Drenagem do Rio Madeira

O escoamento superficial da precipitação e a água subterrânea são os dois componentes principais na caracterização física da ba

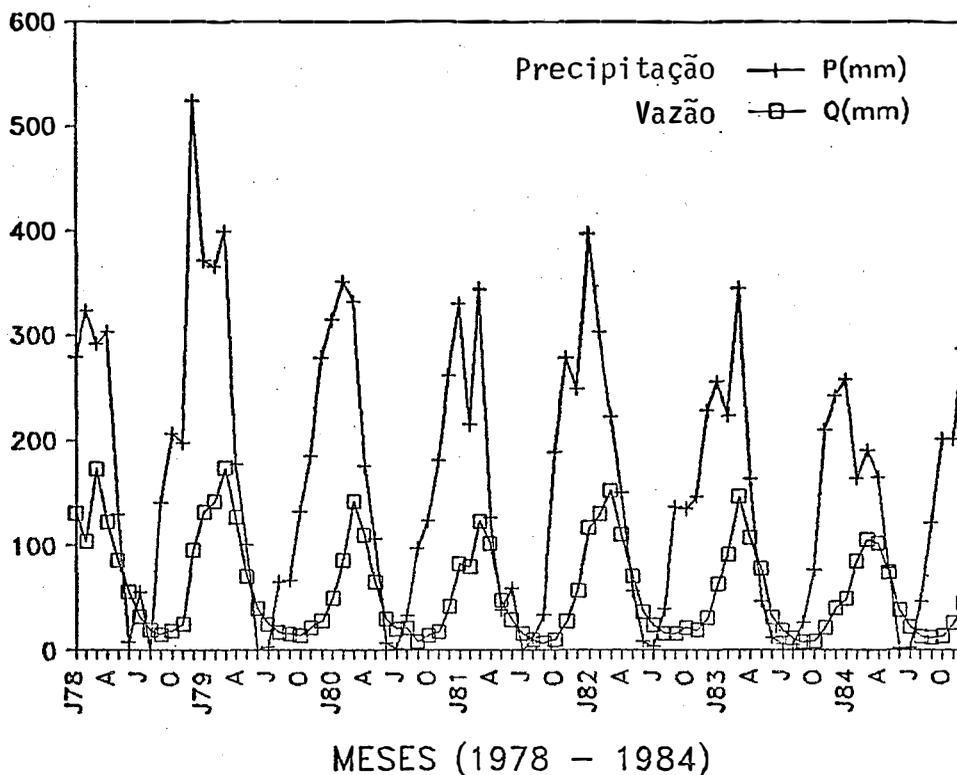


Figura 9 - Distribuição sazonal da precipitação e vazão para a bacia secundária do rio Jiparana, no período de 1978 a 1984, com escoamento final em Tabajara (RO).

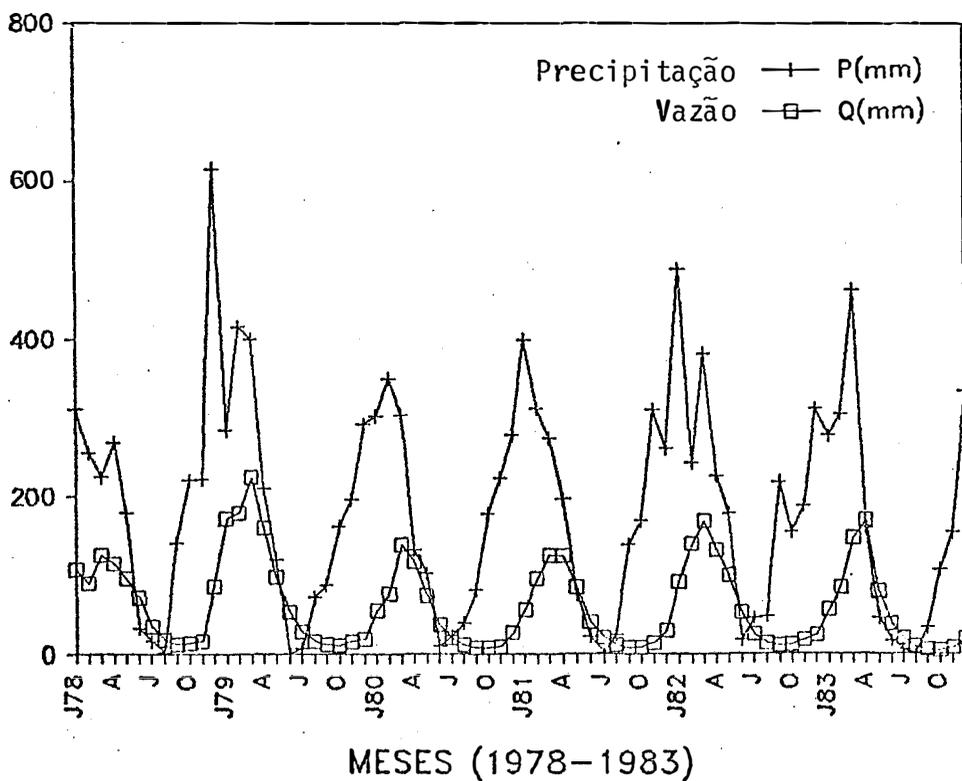


Figura 10 - Distribuição sazonal da precipitação e vazão para a bacia secundária do rio Jamari, no período de 1978 a 1983, com escoamento final na foz.

Tabela 1 - Sumário dos resultados hidrológicos, obtidos durante as excursões fluviais de abril de 1984 e janeiro de 1986, para o rio Madeira e principais tributários.

PARÂMETROS HIDROLÓGICOS				
RIO MADEIRA				
	Q	V	W	Z
	(m ³ /s)	(m/s)	(m)	(m)
Abril (1984)				
P. VELHO	41700	2,37	814	21,6
HUMAITA	46400	2,29	1036	19,6
FATIMA	47500	2,08	897	25,5
MANICORE	48400	1,95	895	27,8
AMERICA	55600	2,52	717	30,8
V. ALEGRE	53100	1,95	1087	25,0
URUCURITUBA	58100	2,22	1053	24,8
R. JAMARI	900	0,42	180	11,7
R. JIPARANÁ	1700	0,39	357	12,1
R. ARIPUANÃ	8900	0,56	494	32,0
Janeiro (1986)				
P. VELHO	20900	1,58	788	16,8
HUMAITA	27900	1,79	1073	14,5
FATIMA	29100	1,83	634	26,0
MANICORÉ	33300	1,64	850	23,9
AMERICA	33529	1,99	715	23,6
V. ALEGRE	42181	1,59	901	29,5
URUCURITUBA	43804	1,80	1084	22,5
R. JAMARI	1100	0,89	200	6,3
R. JIPARANÁ	2700	0,83	416	7,9
R. ARIPUANÃ	7800	0,53	546	26,6

LEGENDA:

Q-descarga

V-velocidade média da corrente

W-largura do canal

Z-profundidade média do canal

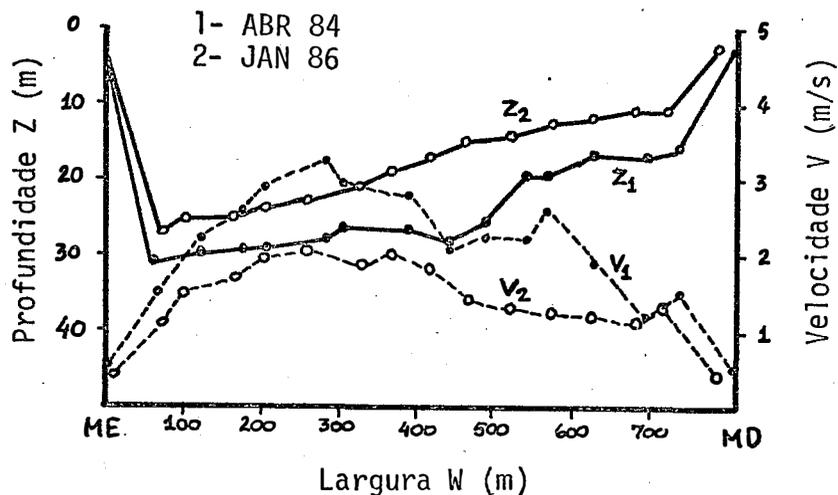


Figura 11 - Distribuição da velocidade da corrente nos perfis de profundidade e largura do canal no rio Madeira, estação de Porto Velho, nos períodos de abril de 1984 e janeiro de 1986.

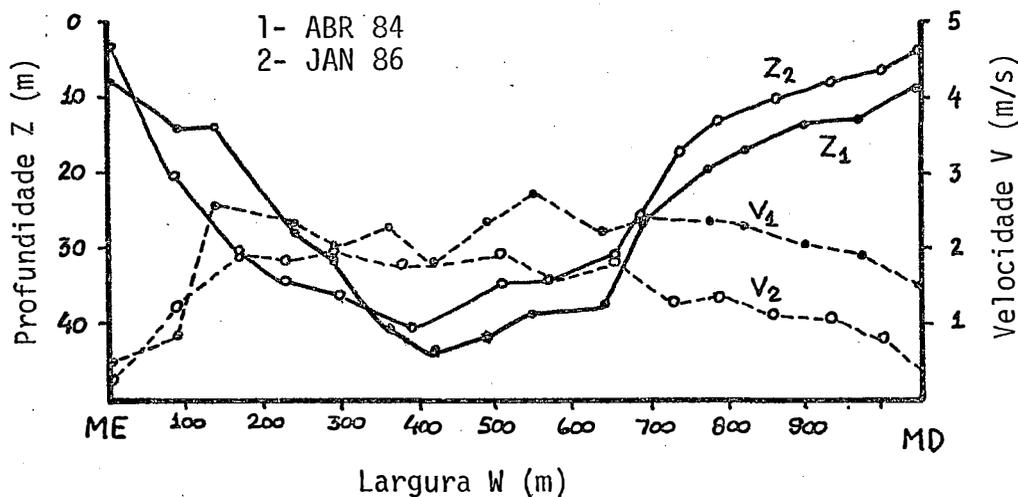


Figura 12 - Distribuição da velocidade da corrente nos perfis de profundidade e largura do canal no rio Madeira, estação de Urucurituba, nos períodos de abril de 1984 e janeiro de 1986.

cia de drenagem de um sistema fluvial, em conjunto com as condições climáticas. De acordo com essas fontes, a composição isotópica da água do rio tende sofrer variações. Em rios, nos quais a água subterrânea é responsável por grande parte da vazão, variações sazonais são observadas. O conhecimento da composição isotópica dessas fontes, permite obter informações sobre as contribuições relativas e origem das águas que compõem a bacia de drenagem, bem como acompanhar as evoluções no ciclo hidrológico.

As variações sazonais, dependem da razão vazão/capacidade de armazenamento de água da bacia ou seja, a fração de água armazenada que pode ser mobilizada, sazonalmente, por alterações no regime de precipitação e temperatura.

Com os dados de $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$, procurou-se avaliar o comportamento isotópico do Hidrogênio e Oxigênio para as águas da rede de drenagem do rio Madeira e em função das variações espaço-temporais, caracterizar o ciclo hidrológico.

A Figura 13 mostra a variação sazonal dos valores isotópicos de $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ nas águas do canal principal do rio Madeira, na estação de Porto Velho, no período de 1983 a 1984, e seu relacionamento com a precipitação representativa da bacia de drenagem. Como pode ser observado, durante os meses de maio a setembro, estação seca, os valores isotópicos de $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ apresentaram-se mais ricos, com valores menos negativos em comparação com a estação chuvosa, meses de novembro a abril, com distribuições sazonais de $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ semelhantes. Tal efeito

é típico em estações situadas em zonas tropical e temperada, e de acordo com Gonfiantini *et alii* (1963), citado por FRITZ (1981), é conhecido por "efeito de quantidade" (*amount effect*).

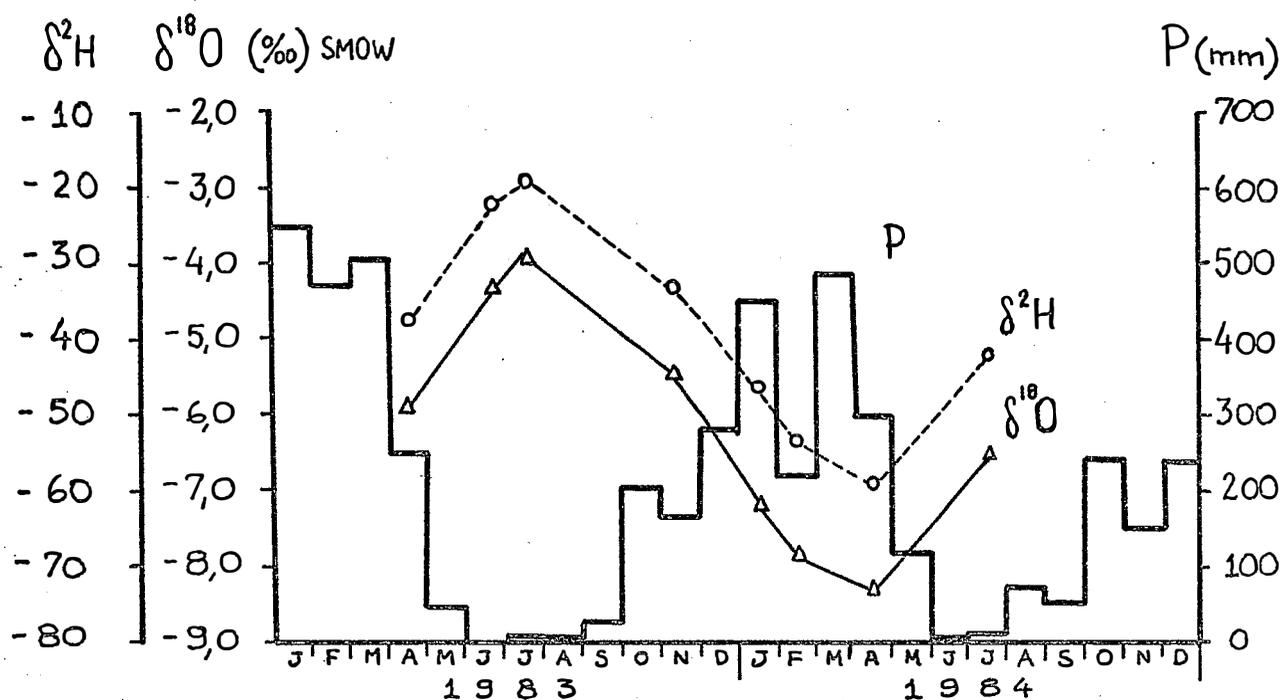


Figura 13 - Variação sazonal de $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ nas águas do canal principal do rio Madeira, estação de Porto Velho, no período de 1983 a 1984, e seu relacionamento com a precipitação representativa da bacia de drenagem.

A **Figura 14** apresenta a correlação entre os valores de $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ nas águas do canal principal do rio Madeira e seus principais tributários, no período de 1983 a 1985. O relacionamento entre $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$, para a maioria das águas naturais, definida por *CRAIG (1961.b)* "*Reta Meteórica Mundial*", apresenta o seguinte equacionamento:

$$\delta^2\text{H} = 8 \delta^{18}\text{O} + 10 \dots \dots \dots (18)$$

A regressão obtida para o canal principal do rio Madeira e principais tributários teve como resultado a equação linear: $\delta^2\text{H} = 8,3 \delta^{18}\text{O} + 12,9$, verificando-se dessa forma que, as águas dos rios amostrados apresentaram-se praticamente sem efeito dos processos de perda por evaporação direta, os quais deveriam alterar a inclinação da reta, para um valor muito menor que 8.

Os valores de $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ das águas do rio Madeira, quando dispostos sobre a Reta Meteórica (**Figura 15**), puderam ser relacionados com o efeito de quantidade, mostrando a variação sazonal obtida com relação as épocas seca e chuvosa. Tal variação apresentou valores extremos de -4,0 e -9,0‰ de $\delta^{18}\text{O}$, respectivamente para a época seca e chuvosa. Outro fator observado foi que a variação sazonal para os principais tributários, rios Jiparanã e Jamari, apresentou-se de menor amplitude, com valores de -5,0 a 7,5‰ de $\delta^{18}\text{O}$. Valores esses auto-justificados devido a diferentes origens de águas. (**Figura 16**). Enquanto o rio Madeira tem sua formação oriunda dos Andes Bolivianos, os tributários Jiparanã e Jamari tem nascentes em plena floresta, portanto transportando maior quantidade

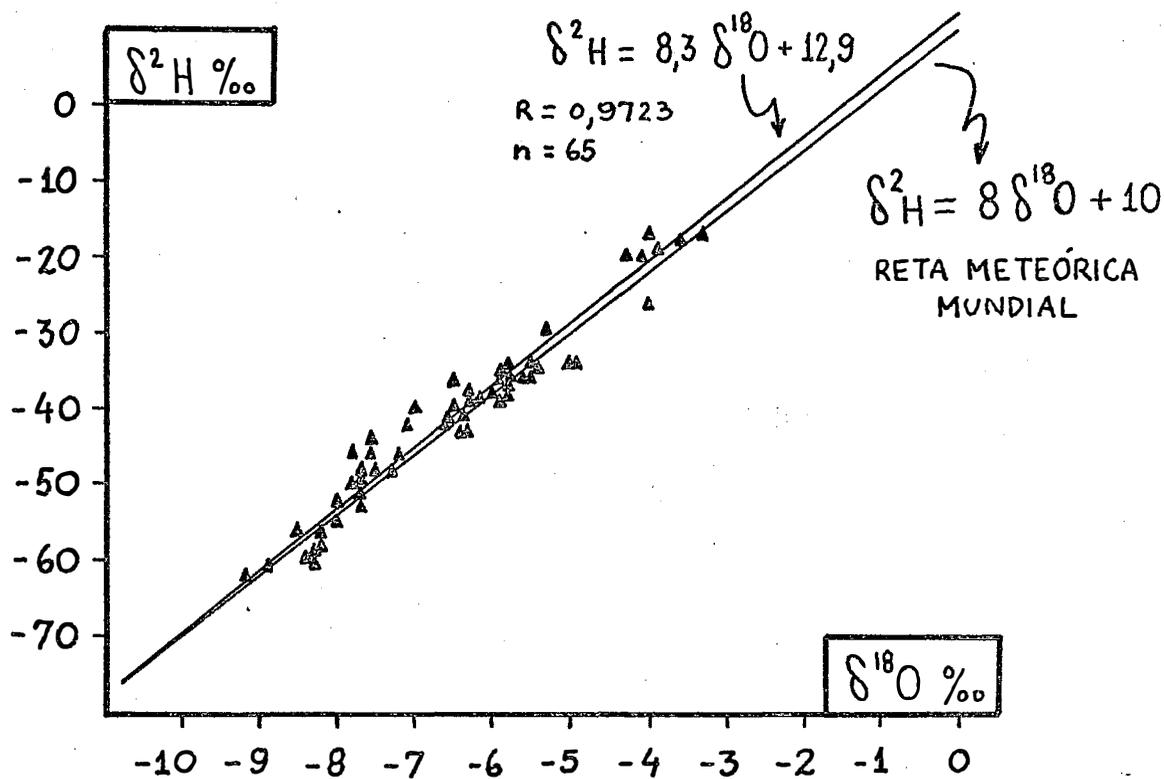


Figura 14 - Correlacionamento linear entre os valores $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ para as águas naturais amostradas (rio Madeira e tributários), no período de 1983 a 1985, em comparação com a *Reta Meteórica Mundial*.

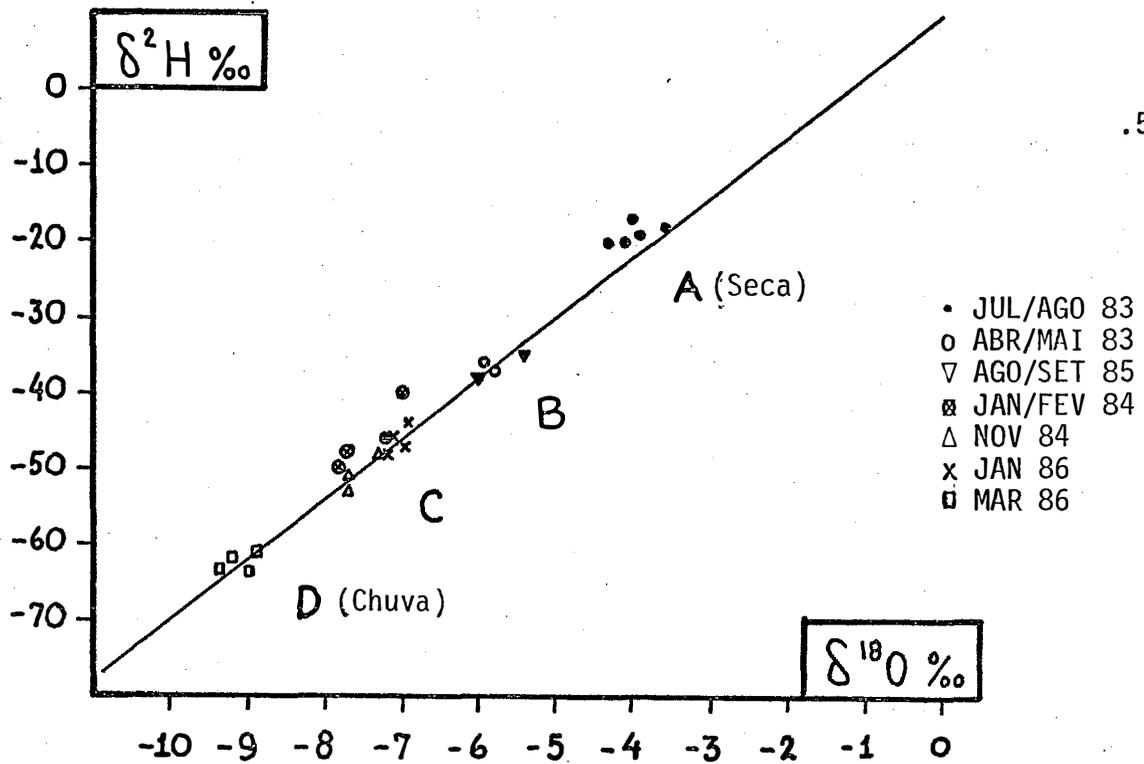


Figura 15 - Distribuição dos teores de δ^2H e $\delta^{18}O$ sobre a *Reta Meteórica Mundial* e o relacionamento com as épocas seca e chuvosa.

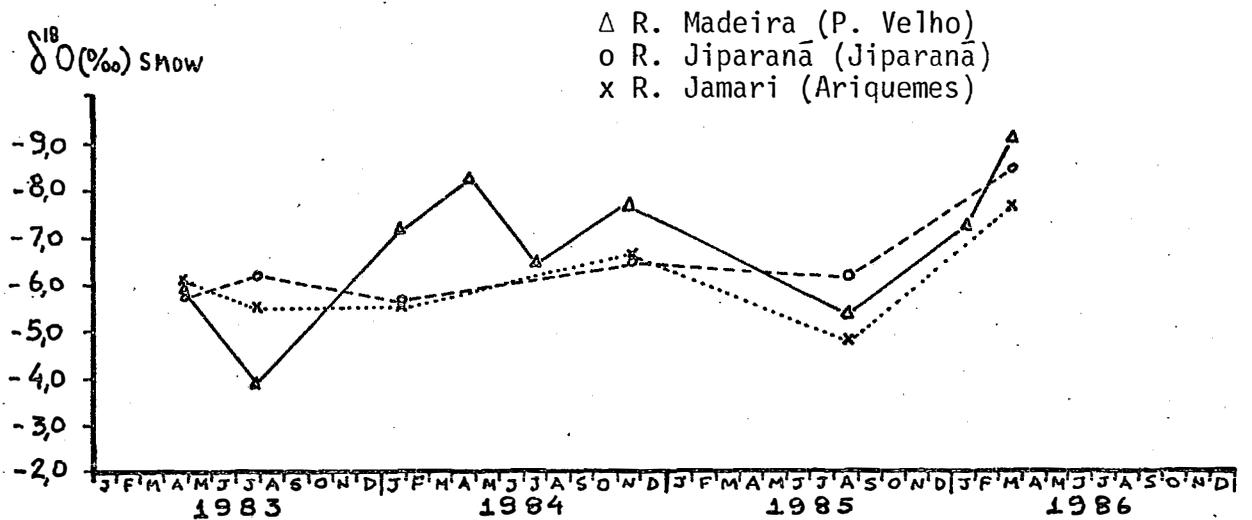


Figura 16 - Comparações das distribuições sazonais de $\delta^{18}O$ entre o rio Madeira em Porto Velho e os seus principais tributários, rios Jiparanã em Jiparanã e Jamari em Ariquemes, no período de abril/maio de 1983 a março de 1986.

de material orgânico dissolvido (ácidos fúlvicos e húmicos) do que sedimentos em suspensão.

A variação espacial de $\delta^{18}O$ foi analisada em relação ao canal principal do rio Madeira durante as excursões fluviais nos períodos de abril de 1984 e janeiro de 1986, respectivamente épocas de cheia e subida das águas, trecho Porto Velho - Urucurituba (**Figura 17**). Os valores encontrados apresentaram-se entre -6,8 e -7,3⁰/oo de $\delta^{18}O$, para a subida das águas (janeiro de 1986) e valores mais negativos para a época de cheia, -7,9 a -8,4⁰/oo de $\delta^{18}O$ (abril de 1984). Os gradientes isotópicos estabelecidos em ambos períodos foram coincidentes e igual a 0,038⁰/oo $\delta^{18}O$ /100 km. Valor considerado baixo, quando comparado com o obtido por *MORTATTI et alii (1985)* para o rio Solimões/Amazonas, de 0,063⁰/oo $\delta^{18}O$ /100 km.

5.3. Transporte de Sedimentos em Suspensão

Variações sazonais no armazenamento e remobilizações dos sedimentos em suspensão no canal principal do rio Madeira foram observados no trecho entre as estações de Porto Velho e Urucurituba (28 km a montante da foz). A **Figura 18** apresenta a descarga de sedimentos em suspensão no canal principal do rio Madeira desde Porto Velho até Urucurituba, medida em dois estágios diferentes da hidrôgrafa, períodos de abril de 1984 (situação de cheia, próximo ao pico) e janeiro de 1986 (estágio de subida das águas).

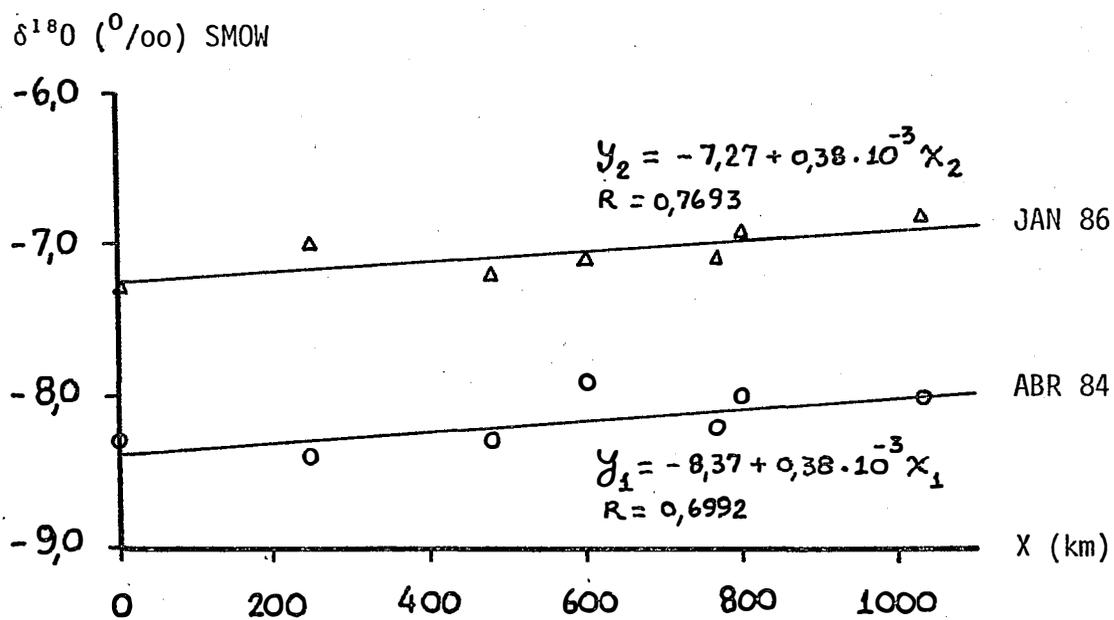


Figura 17 - Variação espacial de $\delta^{18}O$ para o canal principal do rio Madeira, desde Porto Velho (0 km) até Urucurituba (1.029 km), nos períodos de abril de 1984 e janeiro de 1986.

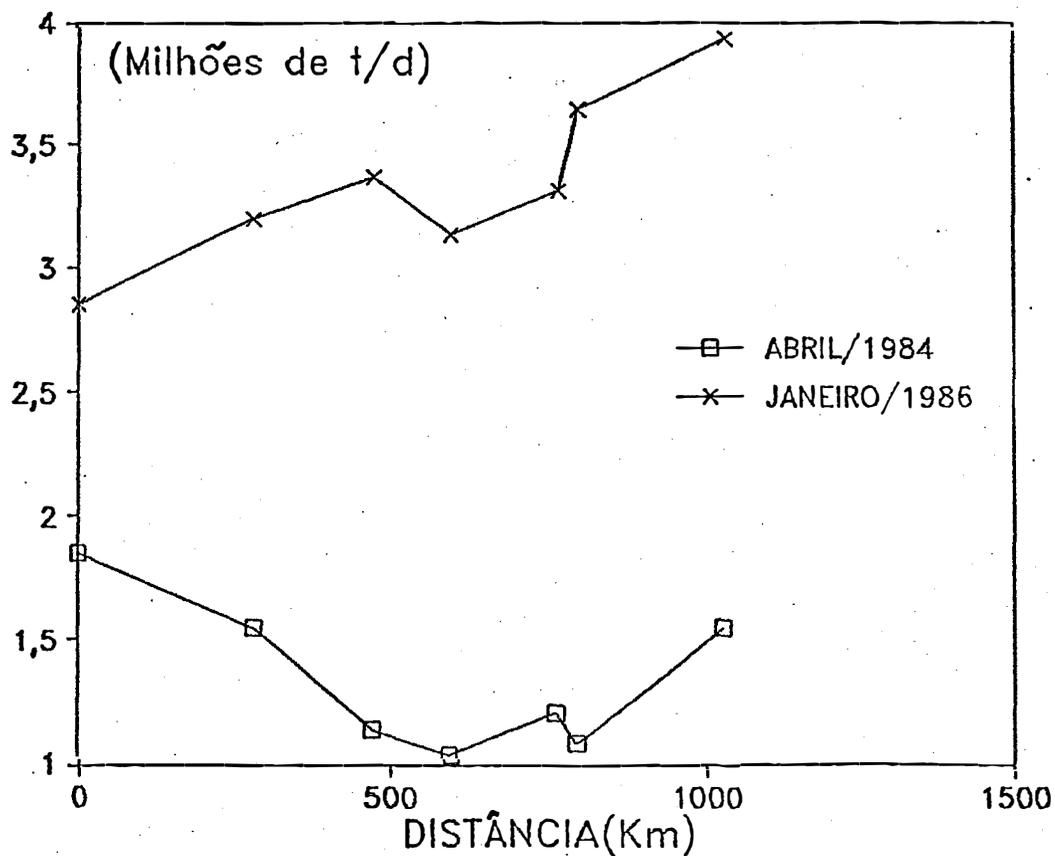


Figura 18 - Descarga de sedimentos em suspensão, no canal principal do rio Madeira entre Porto Velho e Urucurituba, medida em estágios diferentes da hidrôgrafia, abril de 1984 e janeiro de 1985.

Como pode ser observado, houve um decréscimo na descarga de sedimentos em suspensão entre as estações de Porto Velho e Manicoré e em seguida, aumentando progressivamente a jusante, até Urucurituba. Considerando a tendência geral ocorrida entre Porto Velho e Manicoré, uma explicação viável seria devido as possíveis perdas de sedimentos em suspensão para as várzeas durante o período de cheia. No trecho Manicoré a Urucurituba, o processo se inverte e a descarga de sedimentos em suspensão aumenta progressivamente, chegando em torno de 0,8 milhões de toneladas por dia. Esse efeito está relacionado com a inclinação da superfície da água do rio (inclinação da onda de cheia), verificado por *MEADE et alii* (1985) no canal principal do rio Solimões/Amazonas, entre Manacapuru e Óbidos, seguindo um padrão que permitiu avaliar o relacionamento entre a inclinação da onda de cheia e o comportamento do sedimento em suspensão. Verificou-se que, ocorria um decréscimo progressivo de sedimentos à jusante, devido a um possível armazenamento por deposição no leito do rio, para inclinações menores que a inclinação média da onda de cheia e um aumento nos sedimentos transportados, quando as inclinações foram maiores do que a média, devido a remobilização do sedimento armazenado no leito do rio.

O padrão proposto de armazenamento sazonal e remobilização dos sedimentos em suspensão, foi baseado nos dados obtidos conjuntamente, durante a primeira fase do programa CAMREX ("*Carbon in the Amazon River Experiment*"), iniciado em 1982, organizado e conduzido por J.E. RICHEY, Universidade de Washington, Seattle, U.S.A. (Tabela 2). A Figura 19 mostra a variação sazonal das medidas de vazão para a estação de Vista Ale

Tabela 2 - Resultados de vazão, concentração e descarga de sedimentos em suspensão, obtidos durante a primeira fase do Projeto CAMREX, para o rio Madeira em Urucurituba.

DATA	VAZÃO (m ³ /s)	CONCENTRAÇÃO (mg/l)	DESCARGA (10E6.t/d)
02/09/82	13700	80	0,095
11/12/82	23100	677	1,350
06/04/83	48400	738	3,090
12/07/83	24700	179	0,380
11/11/83	6800	91	0,054
01/03/84	42100	891	3,240
27/07/84	19300	64	0,110
29/04/84	58100	454	2,280

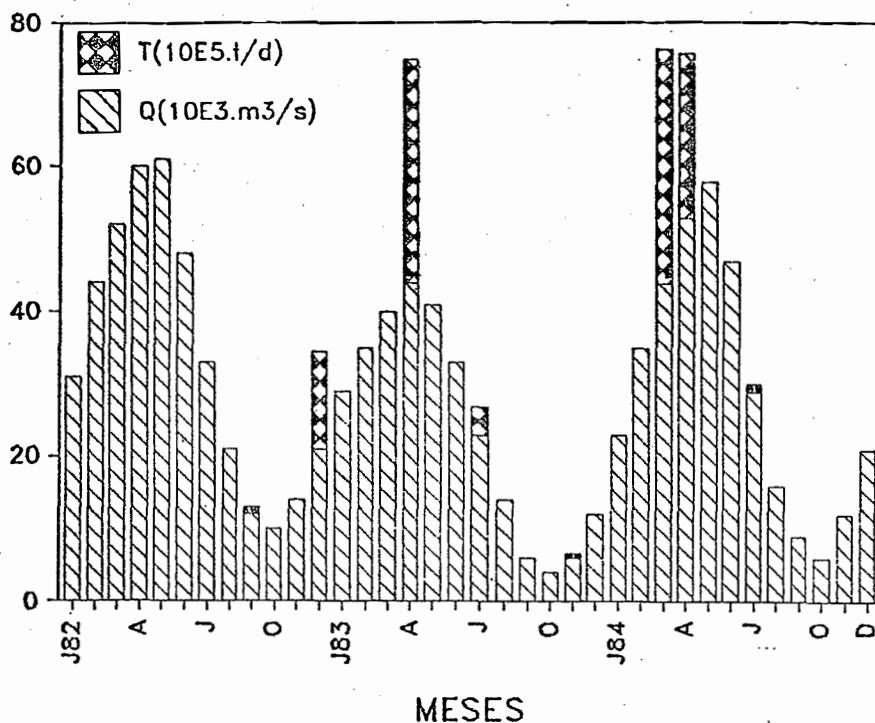


Figura 19 - Variação sazonal das medidas de vazão (Q), no canal principal do rio Madeira, estação de Vista Alegre, relacionada com a descarga de sedimentos em suspensão na foz (T), no período de 1982 a 1984.

gre (aproximadamente a 250 km da foz do Rio Madeira), dado este utilizado devido a não existência de régua limétrica em Urucurituba, relacionada a descarga de sedimentos em suspensão na foz. Pode ser observado que a descarga de sedimento em suspensão foi substancialmente maior nos estágios de subida do nível das águas do rio do que no pico de cheia ou na descida das águas. A análise dos dados da Tabela 2 indicou um delineamento gráfico entre descarga de sedimento em suspensão e a vazão do rio, na forma de curvas fechadas ("loops"), em fase horária, semelhantes às relatadas por MEADE *et alii* (1985) para a Bacia Amazônica. Tais curvas podem ser observadas na **Figura 20**. Para um mesmo valor da vazão pode-se obter valores distintos para a descarga de sedimento em suspensão, e para corrigir tal fato deve-se levar em conta as variações sazonais da altura do nível da água e conseqüentemente da própria vazão do rio. Com os dados da vazão do rio Madeira, na estação de Vista Alegre (250 km a montante da foz) e a **Figura 20**, pode-se estimar a distribuição sazonal dos sedimentos em suspensão na foz do rio Madeira (**Figura 21**). Pode ser claramente observado que, no período de descida das águas (maio a outubro), devido a menor inclinação da onda de cheia, ocorre o decréscimo na concentração de sedimentos em suspensão (armazenamento no leito do rio) e inversamente na subida das águas (novembro a abril) onde ocorre o aumento na concentração dos sedimentos em suspensão em virtude da possível remobilização desse material.

A **Tabela 3** apresenta os resultados de sedimento em suspensão obtidos durante as excursões fluviais no rio Madeira e principais tributários, realizadas em abril de 1984 e janeiro de 1986. Tais dados

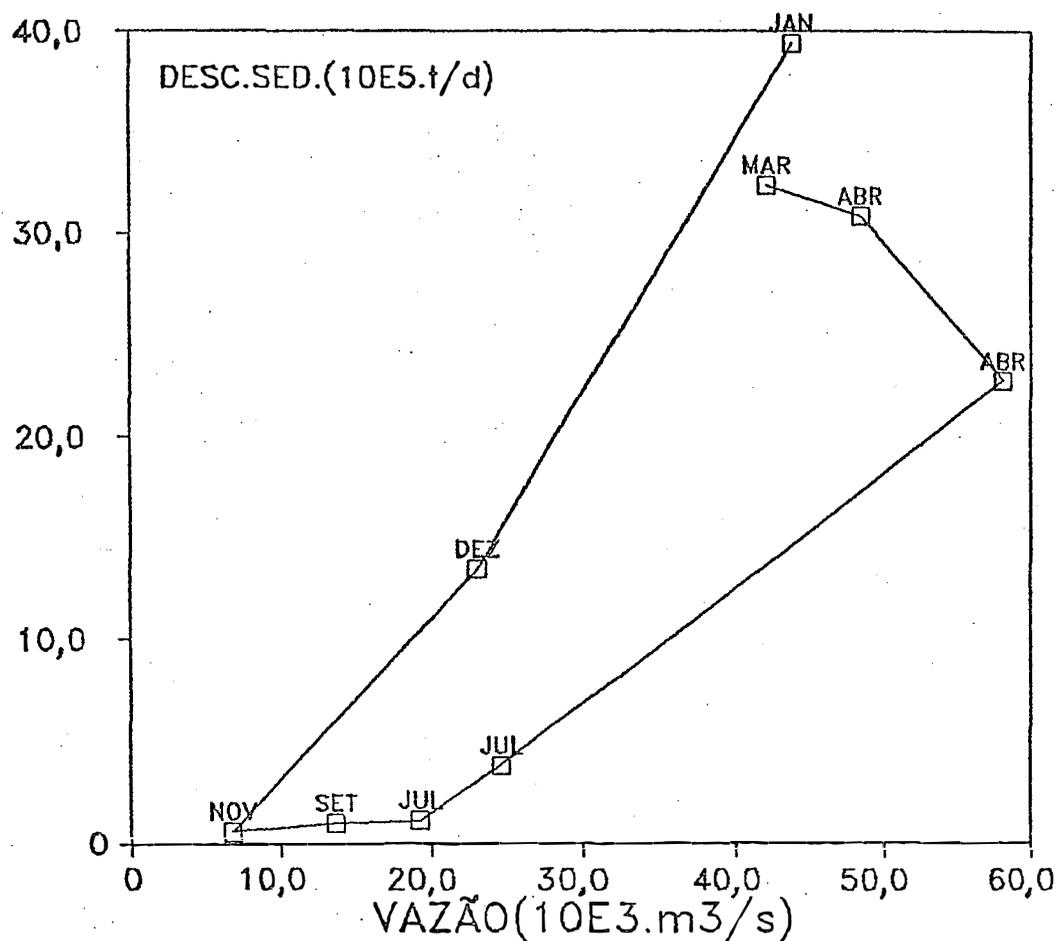


Figura 20 - Delineamento gráfico entre descarga de sedimentos em suspensão e vazão, apresentando curva fechada, em fase horária; para o rio Madeira em Urucurituba, dados obtidos no período de 1982 a 1984.

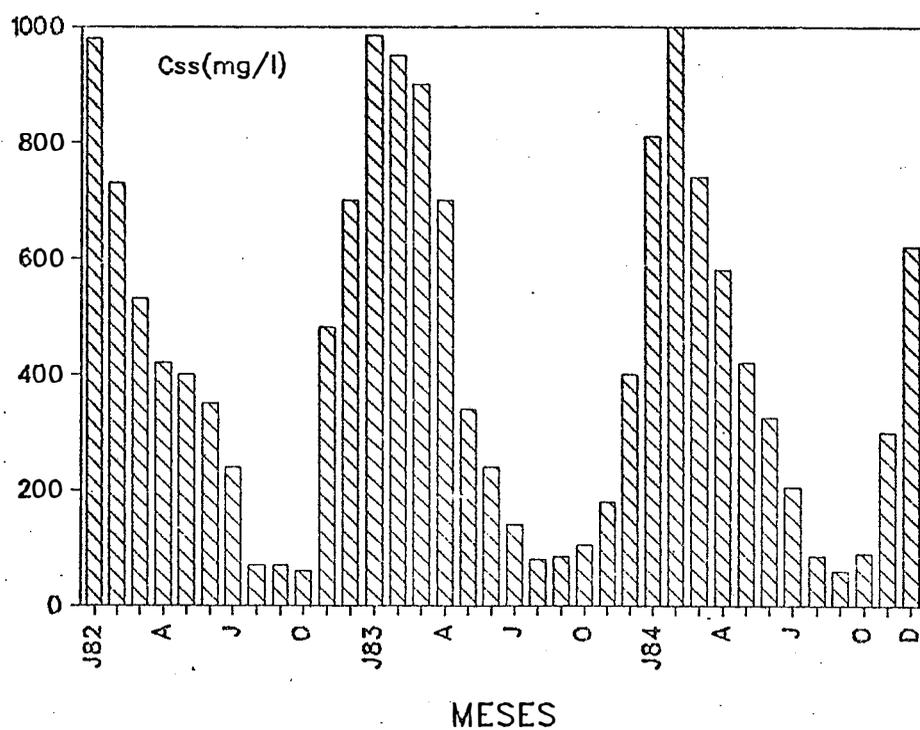


Figura 21 - Estimativa da distribuição sazonal de sedimentos em suspensão (C_{ss}) para a foz do rio Madeira, no período de 1982 a 1984.

Tabela 3 - Resultados de concentração e descarga de sedimentos em suspensão, obtidos durante as excursões fluviais de abril de 1984 e janeiro de 1986 para o rio Madeira e principais tributários.

SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO (<63 μ m)					
RIO MADEIRA	Distância (Km)	Concentração (mg/l)		Descarga (10E6 t/d)	
		ABR-84	JAN-86	ABR-84	JAN-86
P.VELHO	0	512	1576	1,85	2,85
HUMAITA	285	388	1329	1,55	3,20
FATIMA	474	277	1339	1,14	3,37
MANICORÉ	597	248	1092	1,04	3,14
AMERICA	766	252	1147	1,21	3,32
V.ALEGRE	797	238	1000	1,09	3,65
URUCURITUBA	1029	319	1040	1,56	3,94
R.JAMARI	80	18	40	0,0014	0,0038
R.JIPARANÁ	173	11	36	0,0016	0,0085
R.ARIPUANÁ	778	11	24	0,0084	0,0162

mostram que, as contribuições dos tributários principais, Rio Jamari e rio Jiparanã, com descarga de sedimento em suspensão respectivamente de 1.400 e 1.600 t.d⁻¹ para abril de 1984 e 3.800 e 8.500 t.d⁻¹ para janeiro de 1986, podem ser de pouca influência no canal principal do rio Madeira, mas importantes nos efeitos locais, como produtos finais dos sedimentos transportados pelas bacias secundárias, no interior do Estado de Rondônia, possibilitando dessa forma um acompanhamento ideal para as possíveis ocorrências de perdas por erosão, devido a eliminação da cobertura vegetal e má utilização do solo.

Durante a realização das excursões terrestres à Região Noroeste do Brasil, foram feitas coletas de sedimentos em suspensão dos principais tributários do rio Madeira e algumas estações em seu canal principal, usando um amostrador pontual, no eixo da correnteza do rio, a 2 metros de profundidade.

Na impossibilidade da utilização de um amostrador de sedimentos em suspensão mais adequado aos rios da região, procurou-se adaptar o amostrador de sedimentos em suspensão de estágio simples, usado para águas superficiais em áreas remotas, visando obter-se uma melhor representatividade do local de amostragem.

A **Tabela 4** apresenta os dados obtidos de concentração e descarga para os sedimentos em suspensão no canal principal do rio Madeira e principais tributários, durante as excursões terrestres realizadas em outubro/novembro de 1984 e agosto/setembro de 1985. Foram associados à tabela, os valores da descarga de sedimentos em suspensão em função da

Tabela 4 - Resultados de concentração e descarga de sedimentos em suspensão, obtidos durante as excursões terrestres de outubro/novembro de 1984 a agosto/setembro de 1985, para o rio Madeira e principais tributários.

ESTAÇÃO (LOCALIDADE)	ÁREA (Km ²)	SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO					
		CONCENTRAÇÃO		DESCARGA			
		(mg/l)		(t/d)		(Kg/d Km ²)	
		O/N (84)	A/S (85)	O/N (84)	A/S (85)	O/N (84)	A/S (85)
BACIA DO RIO JIPARANÁ							
R. P. BUENO (P. BUENO)	12346	2,1	1,5	23,1	8,0	1,9	0,6
R. COMENORAÇÃO (P. BUENO)	4230	1,8	1,6	15,5	8,5	3,7	2,0
R. JIPARANÁ (P. BUENO)	16576	2,0	1,7	39,2	18,1	2,4	1,1
R. JIPARANÁ (JIPARANÁ)	33010	2,3	3,2	79,3	52,5	2,4	1,6
R. JARÚ (JARÚ)	4400	1,9	6,4	2,6	1,5	0,6	0,3
BACIA DO RIO JAMARI							
R. JAMARI (ARIDUEMES)	7295	3,0	2,7				
R. JAMARI (C. SAMUEL)	15280	3,0	2,3				
R. CANDEIAS (CANDEIAS)	12730	2,0	1,8	10,9	10,5	0,9	0,8
BACIA DO RIO GUAPORÉ/HAMORÉ							
R. GUAPORÉ (PIMENTEIRAS)	22390	1,8	5,5	53,0	160,6	2,4	7,2
R. HAMORÉ (G. MIRIM)	589500	60,0	61,3	20938,2	32011,0	35,5	54,3
CANAL PRINCIPAL DO RIO MADEIRA							
R. MADEIRA (HUKAITA)	1066000	238,9	99,1	341028,8		320,0	
R. MADEIRA (P. VELHO)	954300	225,8	91,8	291427,2	80504,9	305,4	84,4
R. MADEIRA (ABUHA)	899800	223,3	90,0	297801,3	66337,1	331,0	73,7

área de drenagem da bacia de cada rio.

Com os dados obtidos, foi possível avaliar o comportamento dos sedimentos em suspensão no que se refere às principais fontes e sumidouros, nos tributários que drenam áreas onde o desmatamento ocorre intensivamente.

Através da Tabela 4 pode-se verificar que para o período de amostragem outubro/novembro de 1984, época da subida das águas, os valores de descarga dos sedimentos em suspensão dos tributários do rio Madeira aumentaram à jusante, indicando uma inclinação da onda de cheia maior que a média, com conseqüente remobilização de sedimentos do leito dos rios, semelhante ao ocorrido no canal principal. Já, para o período de agosto/setembro de 1985 ocorreu o inverso, devido ao armazenamento de sedimentos em suspensão.

Ao nível de bacias secundárias foi possível observar que a do rio Jiparanã, em Jiparanã, com 33.010 km², apresentou uma taxa de transporte de sedimentos em suspensão da ordem 2,4 kg.d⁻¹.km⁻² em outubro/novembro de 1984 e de 1,6 kg.d⁻¹.km⁻² no período de agosto/setembro de 1985.

Os rios Pimenta Bueno e Comemoração, formadores do rio Jiparanã, apresentaram taxas de transporte de sedimentos em suspensão de 1,9 e 3,7 kg.d⁻¹.km⁻², respectivamente, em outubro/novembro de 1984 e os valores de 0,65 e 2,0 kg.d⁻¹.km⁻², respectivamente para agosto/setembro de 1985. Em amostragem realizada próximo a confluência dos rios Pimenta Bueno e Comemoração, formadores do rio Jiparanã, em Pimenta Bueno, foi pos

sível verificar uma descarga de sedimento em suspensão de 39 t.d^{-1} e 18 t.d^{-1} para os períodos de outubro/novembro de 1984 e agosto/setembro de 1985, valores esses correspondentes a soma dos valores das descargas individuais dos dois rios formadores. Cabe salientar que as flutuações dos resultados nos períodos amostrados são sazonais, podendo ou não estar implícitos fatores de alteração de solos por erosão, devido a modificações na cobertura vegetal e atividades de mineração ocorrentes na área. Pode ser verificado que, espacialmente, houve um aumento significativo na descarga dos sedimentos em suspensão, da estação do rio Jiparanã em Pimenta Bueno para a estação do mesmo rio em Jiparanã, distantes 143 km, de 39 t.d^{-1} para 79 t.d^{-1} e 18 t.d^{-1} para 52 t.d^{-1} , respectivamente para as duas amostragens realizadas.

A bacia dos rios Guaporé-Mamoré, mostrou resultados importantes no que concerne a origem dos sedimentos em suspensão no canal principal do rio Madeira. Os rios Guaporé e Mamoré, precursores do rio Madeira, servem de limite entre o Estado de Rondônia e a Bolívia. O Guaporé nasce na Chapada dos Parecis, em Mato Grosso, penetrando em Rondônia pelo extremo sul, percorrendo 850 km até a confluência com o rio Madeira. O rio Mamoré nasce nos Andes bolivianos, junta-se em solo brasileiro com o Guaporé e com as águas do rio Beni, também andino, formam o rio Madeira.

Os resultados de descarga de sedimentos em suspensão mostram que, para a bacia de drenagem do rio Guaporé em Pimenteiras, cerca de 53 e 161 t.d^{-1} foram obtidos respectivamente para as duas épocas de amostragens, o que correspondeu a 2,4 e 7,2 kg/d.km^2 para as taxas de trans

porte. Já, a jusante da foz do rio Mamoré, particularmente na estação de Guajarã Mirim, os resultados mostraram-se da ordem de 20.938 e 32.011 $t.d^{-1}$ respectivamente para as mesmas condições de amostragem correspondendo a um transporte de 35,5 e 54,3 $kg.d^{-1}.km^{-2}$; mostrando assim carga maior de sedimentos em suspensão, já de origem andina. Os resultados obtidos para o canal principal do rio Madeira na estação de Abunã, a jusante da confluência dos rios andinos Mamoré e Beni foram de 297.801 e 66.337 $t.d^{-1}$ respectivamente para as duas épocas de amostragem, correspondente a um transporte de 331,0 e 73,7 $kg.d^{-1}.km^{-2}$, mostrando assim a origem dos sedimentos em suspensão na bacia do rio Madeira.

A distribuição dessa carga de sedimentos em suspensão no canal principal do rio Madeira até a foz, segue modelo anteriormente descrito.

5.4. Estimativa da Evapotranspiração Potencial para o Estado de Rondônia

5.4.1. Cálculo Teórico da Radiação Solar que Atinge a Superfície da Terra na Ausência da Atmosfera

Conforme descrito no item 4.5.1., procedeu-se o cálculo teórico da radiação solar que atinge a superfície da Terra considerando ausente a atmosfera, cujo resultado pode ser observado na Tabela 5. Foram considerados apenas os dados obtidos entre as latitudes $06^{\circ}S$ e $16^{\circ}S$, por englobar toda a área de estudo. Os resultados foram expressos na unidade de evaporação equivalente de água ($mm.d^{-1}$).

Tabela 5 - Valores calculados de radiação solar (Q_0), expressos em termos de evaporação equivalente de água (mm.d^{-1}) referentes a variação na latitude de 6°S a 16°S .

LAT.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
06°S	15,39	15,52	15,19	14,24	13,10	12,44	12,68	13,63	14,66	15,27	15,34	15,25
08°	15,64	15,66	15,15	14,05	12,80	12,08	12,34	13,37	14,56	15,32	15,34	15,54
10°	15,86	15,76	15,10	13,83	12,47	11,71	11,68	13,12	14,44	15,37	15,74	15,79
12°	16,08	15,85	15,01	13,61	12,13	11,34	11,63	12,83	14,29	15,39	15,91	16,05
14°	16,27	15,93	14,93	13,35	11,78	10,95	11,25	12,54	14,13	15,41	16,07	16,29
16°	16,46	15,98	14,83	13,10	12,42	10,54	10,88	12,24	13,96	15,39	16,20	16,49
Média	15,95	15,78	15,03	13,70	12,28	11,51	11,79	12,95	14,34	15,36	15,80	15,90

A Figura 22 mostra a distribuição da radiação solar (Q_0), referentes a variação na latitude de 6°S a 16°S .

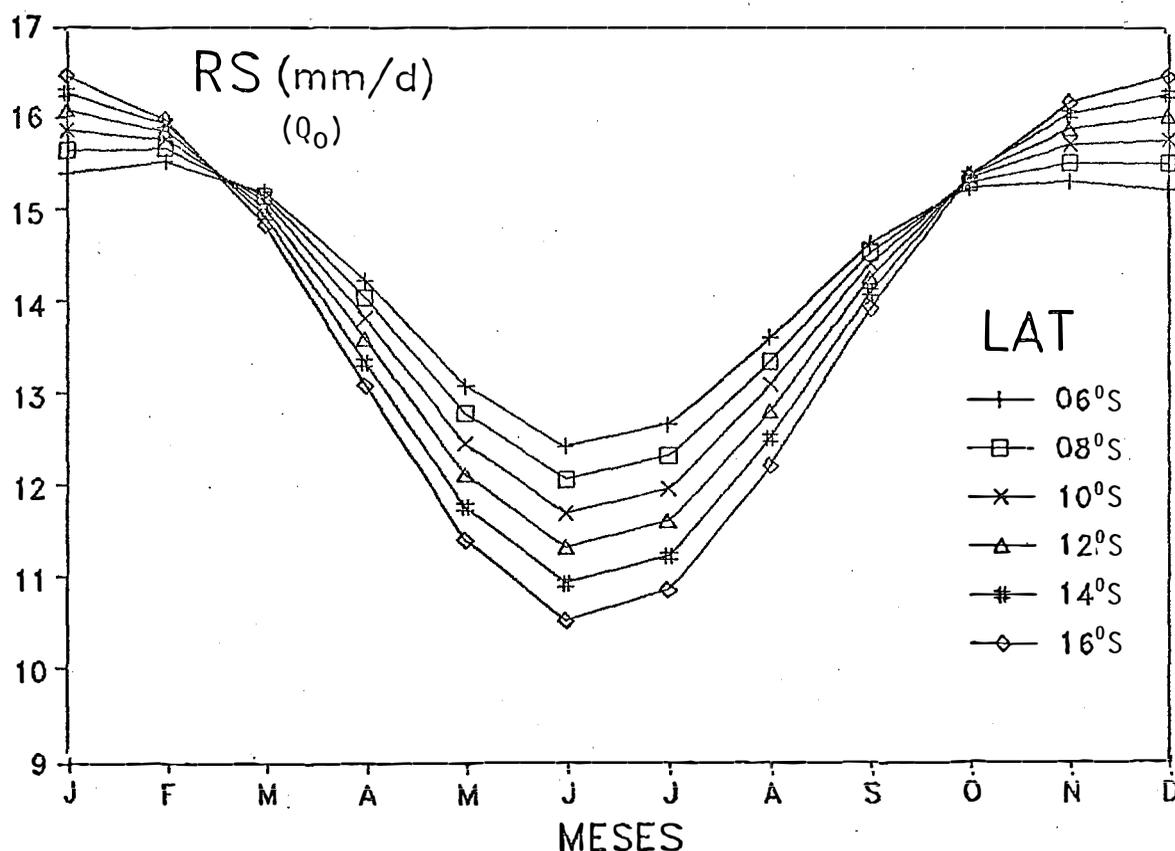


Figura 22 - Radiação solar (Q_0), que atinge a superfície da Terra na ausência da atmosfera, entre as latitudes de 6°S e 16°S . (dados expressos em termos de evaporação equivalente de água (mm.d^{-1})).

5.4.2. Estimativa da Radiação Solar que Atinge a Superfície da Terra Considerando a Atmosfera

A radiação solar foi calculada pela equação (7), $Q_s = Q_0 (a + b \frac{n}{N})$ onde os parâmetros utilizados a e b foram respectivamente 0,26 e 0,51, segundo estimativa de *Ometto (1967)*, citado por *VILLA NOVA et alii (1976)*.

Com relação a razão de insolação $\frac{n}{N}$, considerou-se a distribuição média para quatro estações, dentro da faixa de latitude $6^{\circ}S$ a $16^{\circ}S$ e próximas ao Estado de Rondônia. (Figura 23).

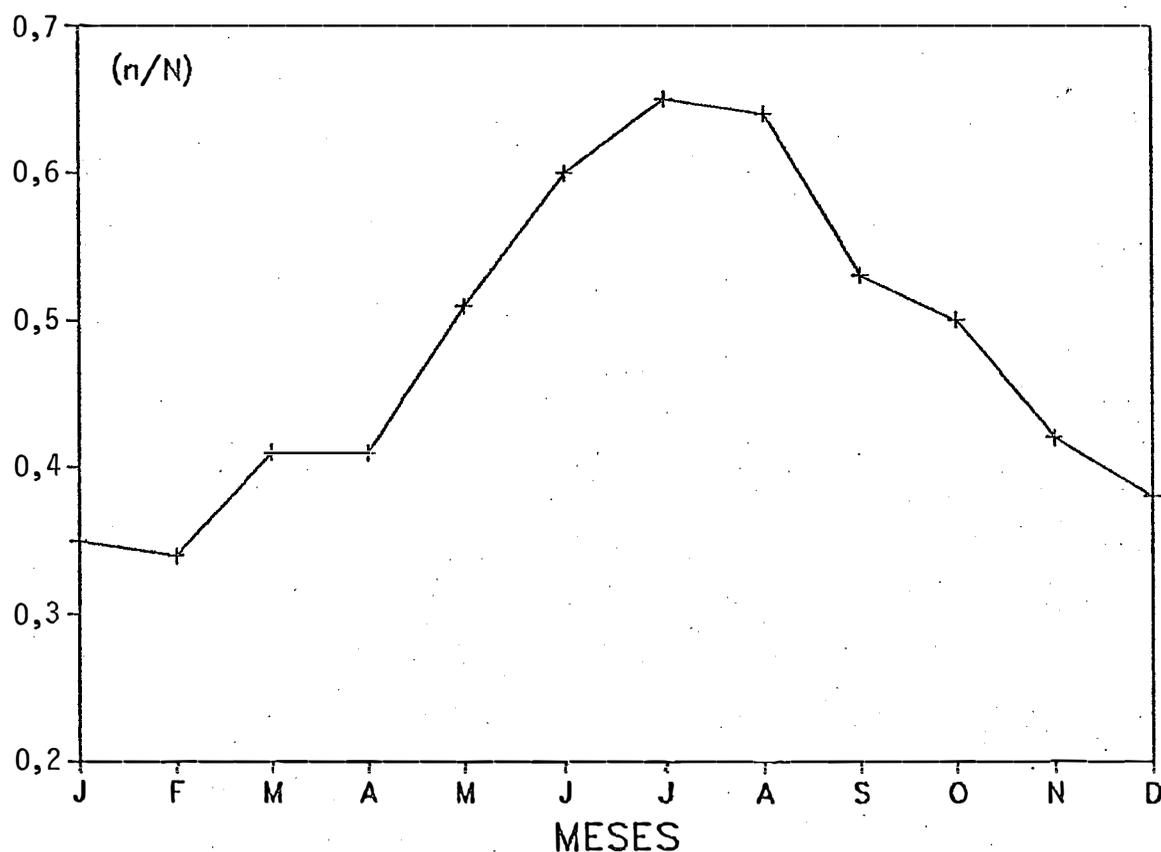


Figura 23 - Variação mensal da razão de insolação $\frac{n}{N}$, estimada para o Estado de Rondônia.

A Tabela 6 mostra os dados de $\frac{n}{N}$ para as quatro estações consideradas.

Tabela 6 - Razão de insolação $\frac{n}{N}$ para as estações de Humaitã (AM), Porto Velho (RO), Rio Branco (AC) e Cuiabá (MT), situadas entre as latitudes de 6°S e 16°S, bem como a média estimada para o Estado de Rondônia.

ESTAÇÃO	LATITUDE	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
HUMAITÁ (AM)	07°31'S	0,34	0,29	0,36	0,36	0,41	0,53	0,57	0,61	0,60	0,50	0,39	0,41
P. VELHO (RO)	08°46'S	0,31	0,29	0,34	0,37	0,51	0,64	0,73	0,67	0,55	0,46	0,38	0,34
R. BRANCO (AC)	09°58'S	0,31	0,28	0,33	0,39	0,43	0,53	0,55	0,62	0,50	0,46	0,40	0,37
CUIABÁ (MT)	15°36'S	0,44	0,49	0,43	0,51	0,67	0,69	0,77	0,66	0,47	0,57	0,52	0,41
MÉDIA		0,35	0,34	0,41	0,41	0,51	0,60	0,65	0,64	0,53	0,50	0,42	0,38

5.4.3. Estimativa da Evapotranspiração Potencial Usando a Equação de Penman Modificada para Condições de Floresta Tropical

A combinação das equações (13), (14), (15), (16) e (17) foi utilizada na estimativa da evapotranspiração potencial para o Estado de Rondônia.

As Tabelas 7, 8, 9 e 10 fornecem os dados complementares necessários para a avaliação da evapotranspiração potencial. (Tabelas extraídas de *OMETTO, 1981*).

Tabela 7 - Valores dos coeficientes de correção ($\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$), utilizados no termo energético da equação de Penman, em função da temperatura.

T ^o C	$\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$						
1	0,37	11	0,58	21	0,69	31	0,80
2	0,44	12	0,58	22	0,71	32	0,81
3	0,44	13	0,61	23	0,72	33	0,81
4	0,44	14	0,61	24	0,72	34	0,81
5	0,50	15	0,61	25	0,74	35	0,82
6	0,50	16	0,64	26	0,75	36	0,84
7	0,54	17	0,64	27	0,76	37	0,84
8	0,54	18	0,67	28	0,76	38	0,84
9	0,54	19	0,67	29	0,78	39	0,85
10	0,54	20	0,67	30	0,79	40	0,85

Tabela 8 - Valores dos coeficientes de correção ($\frac{\gamma}{\Delta + \gamma}$), utilizados no termo aerodinâmico da equação de Penman, em função da temperatura.

T ^o C	$\frac{\gamma}{\Delta + \gamma}$						
1	0,62	11	0,42	21	0,31	31	0,20
2	0,55	12	0,42	22	0,29	32	0,19
3	0,55	13	0,38	23	0,29	33	0,19
4	0,55	14	0,38	24	0,28	34	0,18
5	0,50	15	0,38	25	0,26	35	0,18
6	0,50	16	0,36	26	0,25	36	0,16
7	0,45	17	0,36	27	0,24	37	0,16
8	0,45	18	0,33	28	0,24	38	0,15
9	0,45	19	0,33	29	0,22	39	0,15
10	0,45	20	0,33	30	0,21	40	0,15

Tabela 9 - Valores de $\frac{\sigma T^4}{59}$, expressos em termos de evaporação equivalente de água (mm.d^{-1}), no intervalo de temperatura de 7,0 a 38,0°C.
 ($\sigma = 11,9088 \cdot 10^{-8} \text{ cal.cm}^2.\text{d}^{-1}.\text{°K}^{-4}$).

T°C	$\frac{\sigma T^4}{59}$	T°C	$\frac{\sigma T^4}{59}$	T°C	$\frac{\sigma T^4}{59}$
7,0	12,41	17,5	14,37	28,0	16,58
7,5	12,49	18,0	14,47	28,5	16,68
8,0	12,57	18,5	14,58	29,0	16,80
8,5	12,66	19,0	14,68	29,5	16,91
9,0	12,76	19,5	14,78	30,0	17,02
9,5	12,85	20,0	14,88	30,5	17,12
10,0	12,93	20,5	14,98	31,0	17,24
10,5	13,03	21,0	15,08	31,5	17,35
11,0	13,13	21,5	15,19	32,0	17,47
11,5	13,24	22,0	15,29	32,5	17,59
12,0	13,32	22,5	15,39	33,0	17,69
12,5	13,42	23,0	15,49	33,5	17,81
13,0	13,51	23,5	15,61	34,0	17,93
13,5	13,61	24,0	15,71	34,5	18,05
14,0	13,69	24,5	15,81	35,0	18,17
14,5	13,80	25,0	15,91	35,5	18,29
15,0	13,88	25,5	16,03	36,0	18,41
15,5	13,98	26,0	16,13	36,5	18,52
16,0	14,07	26,5	16,24	37,0	18,64
16,5	14,17	27,0	16,34	37,5	18,72
17,0	14,27	27,5	16,44	38,0	18,90

Tabela 10 - Tensão máxima de vapor sobre a água, em mm Hg, no intervalo de temperatura de 20 a 30°C.

T (°C)	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
20	17,54	17,64	17,75	17,86	17,97	18,09	18,20	18,31	18,42	18,54
21	18,65	18,77	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,47	19,59	19,71
22	19,83	19,95	20,07	20,19	20,32	20,44	20,57	20,69	20,82	20,94
23	21,07	21,20	21,37	21,45	21,58	21,71	21,85	21,98	22,11	22,24
24	22,38	22,51	22,65	22,79	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48	23,62
25	23,76	23,90	24,04	24,18	24,33	24,47	24,62	24,76	24,91	25,06
26	25,21	25,36	25,51	25,66	25,81	25,96	26,12	26,27	26,43	26,58
27	26,74	26,90	27,06	27,21	27,37	27,54	27,70	27,86	28,02	28,19
28	28,35	28,51	28,68	28,85	29,02	29,18	29,35	29,53	29,70	29,87
29	30,04	30,22	30,39	30,57	30,75	30,92	31,10	31,28	31,46	31,64
30	31,82	32,01	32,19	32,38	32,56	32,75	32,93	33,12	33,31	33,50

A tensão parcial de vapor d'água atmosférico, e_a , expressa em mmHg foi obtida a partir da equação (18):

$$e_a = \frac{\text{UR\%} \cdot e_s}{100} \dots \dots \dots (18)$$

onde:

UR% = umidade relativa média diária, em porcentagem.

A **Tabela 11** apresenta os dados de vento (m.s^{-1}), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa (%) para as estações de Humaitã (AM), Porto Velho (RO), Rio Branco (AC) e Cuiabá (MT), bem como a média desses parâmetros considerada para o Estado de Rondônia.

Tabela 11 - Dados de vento, temperatura e umidade relativa para as estações de Humaitã (AM), Porto Velho (RO), Rio Branco (AC) e Cuiabá (MT), bem como a média estimada para o Estado de Rondônia.

ESTAÇÃO	VENTO (m/s)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
HUMAITÁ (AM)	1,9	2,0	1,6	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,2	2,1
P. VELHO (RO)	1,4	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	1,5	1,3	1,5	1,5	1,4	1,3
R. BRANCO (AC)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	1,0	1,3	0,8	0,8	0,9
CUIABÁ (MT)	1,9	1,9	1,5	1,6	1,5	1,5	1,7	2,0	2,0	2,1	1,9	2,0
MÉDIA	1,5	1,5	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,6	1,6	1,6
ESTAÇÃO	TEMPERATURA (°C)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
HUMAITÁ (AM)	25,6	25,5	25,9	25,9	25,8	25,6	25,3	26,3	26,5	26,3	26,3	26,3
P. VELHO (RO)	25,6	25,5	25,6	25,8	25,6	25,4	26,4	26,7	26,6	26,3	25,3	25,8
R. BRANCO (AC)	25,2	24,9	25,2	24,9	24,2	23,7	23,0	24,2	25,3	25,3	25,6	25,4
CUIABÁ (MT)	26,9	26,5	25,6	26,1	25,1	23,6	24,1	24,8	25,8	27,0	27,0	26,8
MÉDIA	25,8	25,6	25,6	25,7	25,2	24,6	24,0	25,5	26,0	26,2	26,0	26,0
ESTAÇÃO	UMIDADE RELATIVA (%)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
HUMAITÁ (AM)	87,0	88,0	89,0	88,0	87,0	83,0	80,0	79,0	81,0	82,0	84,0	86,0
P. VELHO (RO)	89,0	89,0	88,0	87,0	85,0	81,0	76,0	73,0	78,0	83,0	86,0	88,0
R. BRANCO (AC)	88,0	89,0	89,0	88,0	87,0	86,0	81,0	79,0	77,0	83,0	86,0	87,0
CUIABÁ (MT)	79,0	81,0	80,0	79,0	78,0	73,0	65,0	54,0	59,0	67,0	73,0	76,0
MÉDIA	85,7	86,7	86,5	85,5	84,3	80,7	75,5	71,3	73,7	78,7	82,3	84,3

A **Tabela 12** apresenta os resultados da evapotranspiração potencial mensal, calculados pela equação modificada de Penman, para as quatro estações consideradas bem como a média estimada para o Estado de Rondônia. A **Figura 24** mostra a distribuição mensal da evapotranspiração potencial estimada para o Estado de Rondônia.

Tabela 12 - Evapotranspiração potencial mensal calculada para Humaitá (AM), Porto Velho (RO), Rio Branco (AC) e Cuiabá (MT), bem como a média estimada para o Estado de Rondônia.

ESTACÃO	EVAPOTRANSPIRAÇÃO (mm/d)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
HUMAITÁ (AM)	3,80	3,80	3,80	3,60	3,60	3,70	4,00	4,50	4,60	4,40	4,20	3,90
P. VELHO (RO)	4,00	3,80	3,90	3,60	3,40	3,50	3,70	4,30	4,60	4,60	4,30	4,30
R. BRANCO (AC)	3,80	3,70	3,80	3,50	3,10	3,10	3,20	3,90	4,20	4,30	4,20	4,10
CUIABÁ (MT)	4,60	4,53	3,83	3,57	3,07	2,50	2,62	3,39	3,92	4,76	4,87	4,53
MÉDIA	4,05	3,95	3,83	3,57	3,29	3,20	3,38	4,02	4,33	4,51	4,39	4,21

Com os dados da Tabela 12 e com a Figura 24 foi possível observar a distribuição média mensal da evapotranspiração potencial, estimada para o Estado de Rondônia. Verificou-se que a curva de distribuição da evapotranspiração potencial apresentou um valor mínimo em torno de $3,20 \text{ mm.d}^{-1}$ para o mês de junho e um máximo de cerca de $4,51 \text{ mm.d}^{-1}$ em outubro. Tal observação está de acordo com o regime hídrico da região.

Tais resultados demonstram uma evapotranspiração potencial média de $3,89 \text{ mm.d}^{-1}$ ou seja 1.420 mm.a^{-1} , dados muito próximos aos obti

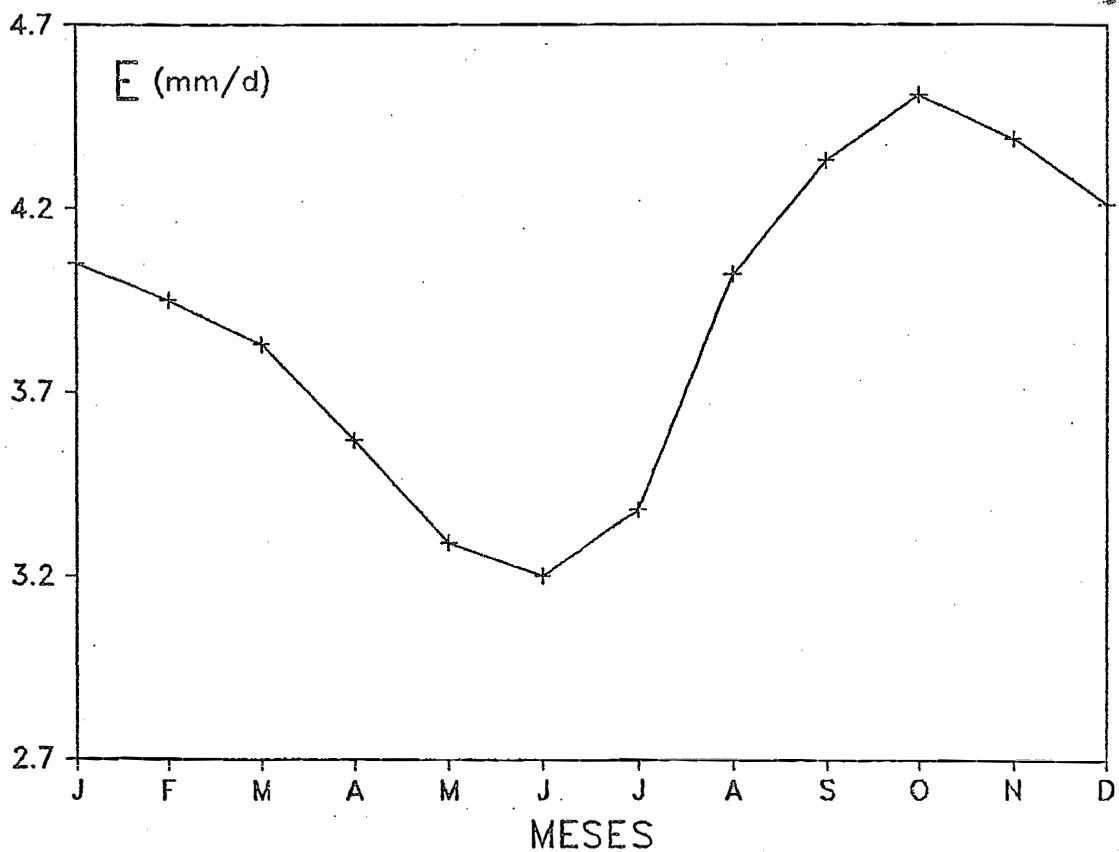


Figura 24 - Evapotranspiração potencial estimada para o Estado de Rondônia.

dos por *VILLA NOVA et alii* (1976) para a Bacia Amazônica, 4 mm.d^{-1} ou seja, 1.460 mm.a^{-1} .

Os resultados obtidos, apresentaram-se também em comum acordo com os apresentados pelo *MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA* (1978) que mostra a estimativa da evapotranspiração potencial para as estações de Porto Velho e Vilhena em Rondônia, calculadas pelo método de *THORNTHWAIT & MATTER* (1955), apresentando uma média de $3,79 \text{ mm.d}^{-1}$ ou 1.384 mm.a^{-1} .

Com o auxílio da Tabela 13 pode ser verificado a insuficiência do termo balanço de energia, E_H , na evapotranspiração potencial. Cerca de 77% da evapotranspiração potencial foi devido ao balanço de energia, valor inferior ao encontrado na Bacia Amazônica que é da ordem de 90%.

Considerando uma precipitação média na região da ordem de 1.900 mm.a^{-1} interpolação dos dados pluviométricos apresentadas pelo *MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA* (1978), pode-se observar que a evapotranspiração potencial correspondeu a 75% de precipitação local.

A evapotranspiração real pode também ser estimada, relacionando-se as entradas e saídas do ecossistema.

Levando-se em consideração a entrada da precipitação, com 1.900 mm.a^{-1} e a área de drenagem da bacia, com ponto de saída em Humaitã (AM), com $1.061.472 \text{ km}^2$ (abrangendo o Estado de Rondônia e parte da Bolívia), tem-se a entrada de $2,017 \times 10^{12} \text{ m}^3.\text{a}^{-1}$. A descarga anual em Humaitã (AM) (média de 11 anos) considerada, foi de $18.900 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ou seja, $5,960 \times 10^{11} \text{ m}^3.\text{a}^{-1}$.

Tabela 13 - Valores de evapotranspiração potencial (ETM) e a contribuição do balanço de energia (EHM) na estimativa da ETM para o Estado de Rondônia.

COEFICIENTES	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	MÉDIA
ETM	4,05	3,95	3,83	3,57	3,29	3,20	3,38	4,02	4,33	4,51	4,39	4,21	3,89
EHM	3,38	3,23	3,03	2,93	2,49	2,24	2,15	2,69	3,15	3,56	3,67	3,51	3,00
EHM/ETM	0,83	0,82	0,79	0,82	0,76	0,70	0,63	0,67	0,73	0,79	0,84	0,83	0,77

A evapotranspiração real foi calculada através do balanço hídrico, dado pela equação (19):

$$P - E = Q \dots \dots \dots (19)$$

onde:

P = precipitação local;

E = evapotranspiração real;

Q = escoamento superficial.

O resultado obtido para a evapotranspiração real foi da ordem de $1,421 \cdot 10^{12} \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$, ou seja, $1.338 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$, ou ainda, $3,67 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$. Esse valor correspondeu a aproximadamente 94% do valor estimado para a evapotranspiração potencial para Rondônia, usando a metodologia de Penman, modificada para condições de floresta tropical.

5.5. Estimativa da Evapotranspiração Real ao Nível de Bacias Secundárias

Estimou-se, para as bacias secundárias dos rios Jiparanã e Jamari, a evapotranspiração real em base anual, no período de 1978 a 1984, através do balanço hídrico do ecossistema. A Figura 25 mostra a localização das bacias de drenagem dos rios Jiparanã e Jamari, o posicionamento dos pluviômetros instalados pelo DNAEE e a área de influência de cada um, determinada por triangulação de Thiessen.

Pode ser observado na Tabela 14, as estações de amostras da precipitação e as respectivas áreas de influência dos pluviômetros instalados nas bacias de drenagem dos rios Jiparanã e Jamari. As áreas foram determinadas por planimetria direta sobre mapa cartográfico do Estado de Rondônia, realizado pelo *INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (1982)*.

As bacias de drenagem dos rios Jiparanã, com superfície de 60.350 km² e do Jamari com 30.430 km², representam juntas cerca de 40% do Estado de Rondônia e 90% da área de construção da rodovia BR-364, englobando grande parte das áreas sob desmatamento intensivo.

Os dados de precipitação mensal, obtidos através do DNAEE, foram sintetizados em base anual e ponderados conforme a área de influência de cada pluviômetro. A Tabela 15, apresenta os dados de precipitação anual e vazão média anual na saída da bacia de drenagem dos rios Jiparanã e Jamari, para o período 1978-1984.

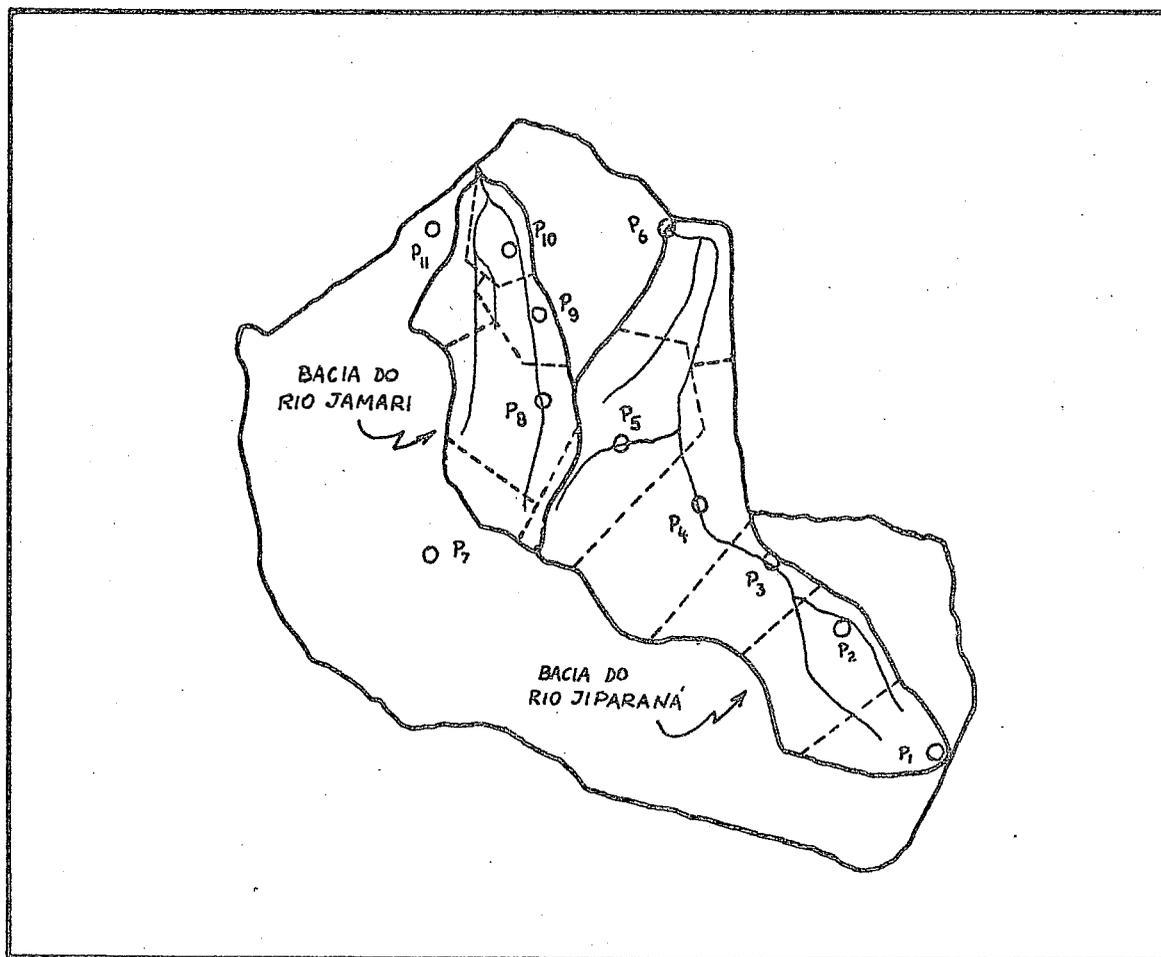


Figura 25 - Localização das bacias de drenagem dos rios Jiparaná e Jamari, posicionamento dos pluviômetros instalados pelo DNAEE e as áreas de influência de cada pluviômetro.

Tabela 14 - Estações de amostragens pluviométricas e área de influência dos pluviômetros, nas bacias de drenagem dos rios Jiparanã e Jamari.

PLUVIÔMETRO	ESTAÇÃO	ÁREA (Km ²)
BACIA DO RIO JIPARANÁ		
P1	VILHENA	3351
P2	M. RONDON	9900
P3	V. ALEGRE	9951
P4	JIPARANÁ	12777
P5	JARÚ	14060
P6	TABAJARA	10311
Total		60350
BACIA DO RIO JAMARI		
P5	JARÚ	2032
P7	S.S. LUIZ	3467
P8	ARIQUEMES	12223
P9	S. ANTONIO	6471
P10	C. SAMUEL	2677
P11	P. VELHO	3543
Total		30430

Tabela 15 - Média ponderada da precipitação anual e valores de vazão média anual para as bacias de drenagem dos rios Jiparanã e Jamari, no período de 1978 a 1984.

ANO	PRECIPITAÇÃO-VAZÃO MÉDIA (ANUAL)		
	(mm)	(m ³ /s)	(mm/a)
BACIA DO RIO JIPARANÃ			
1978	2461,6	1679,8	876,0
1979	2145,8	1552,2	805,2
1980	1986,5	1137,5	595,2
1981	1876,6	1132,8	589,2
1982	1827,0	1433,4	742,8
1983	1612,6	1201,3	624,0
1984	1718,0	1136,0	582,0
BACIA DO RIO JAMARI			
1978	2401,5	759,6	787,2
1979	2252,2	961,0	994,8
1980	2017,0	563,4	583,2
1981	2176,6	598,2	612,2
1982	2492,0	762,5	789,6
1983	1894,0	618,1	639,6

Os resultados da evapotranspiração real estimada para as bacias de drenagem dos rios Jiparanã e Jamari, no período de 1978 a 1984 podem ser observados na **Tabela 16**.

Devido a escassez de dados pluviométricos para algumas estações da bacia de drenagem do rio Jamari para o ano de 1984, a evapotranspiração real não foi estimada para o referido ano.

A **Figura 26** ilustra o relacionamento entre os parâmetros vazão, evapotranspiração real e precipitação, para as mesmas bacias de drenagem, durante o período 1978-1984. Pode ser observado um mesmo padrão de comportamento para as vazões médias anuais nas duas bacias de drenagem. Com relação a precipitação anual, o comportamento foi o mesmo de 1978 a 1980, variando bruscamente entre 1981 e 1982. Enquanto a precipitação anual variou conforme um padrão de sazonalidade para a bacia de drenagem do rio Jamari, a precipitação anual para a bacia de drenagem do rio Jiparanã decresceu acentuadamente entre 1978 e 1983, com um ligeiro aumento em 1984. Tal fato, acarretou o mesmo comportamento para a evapotranspiração real estimada para a bacia. Como a série de observações dos dados foi bastante curta (7 anos), tornou-se difícil associar tal efeito com as possíveis alterações da cobertura vegetal que vem ocorrendo na região, ainda que um desmatamento mais intensivo seja principalmente notado na bacia de drenagem do rio Jiparanã do que na do Jamari, o que poderia ser útil na tentativa de uma explicação hipotética, pois conforme a Tabela 4, tal bacia transportou mais material sólido em suspensão do que a do Jamari, no período de amostragens.

Tabela 16 - Evapotranspiração real estimada para as bacias de drenagem dos rios Jiparanã e Jamari, no período de 1978 a 1984.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL		
ANO	(mm/a)	(mm/d)
BACIA DO RIO JIPARANA		
1978	1585,6	4,34
1979	1340,6	3,67
1980	1391,3	3,81
1981	1287,4	3,53
1982	1084,2	2,97
1983	988,6	2,71
1984	1136,0	3,11
Média	1259,1 ± 204,3	3,45 ± 0,56
BACIA DO RIO JAMARI		
1978	2401,5	4,42
1979	2252,2	3,44
1980	2017,0	3,93
1981	2176,6	4,29
1982	2492,0	4,66
1983	1894,0	3,44
Média	1471,2 ± 187,9	4,03 ± 0,51

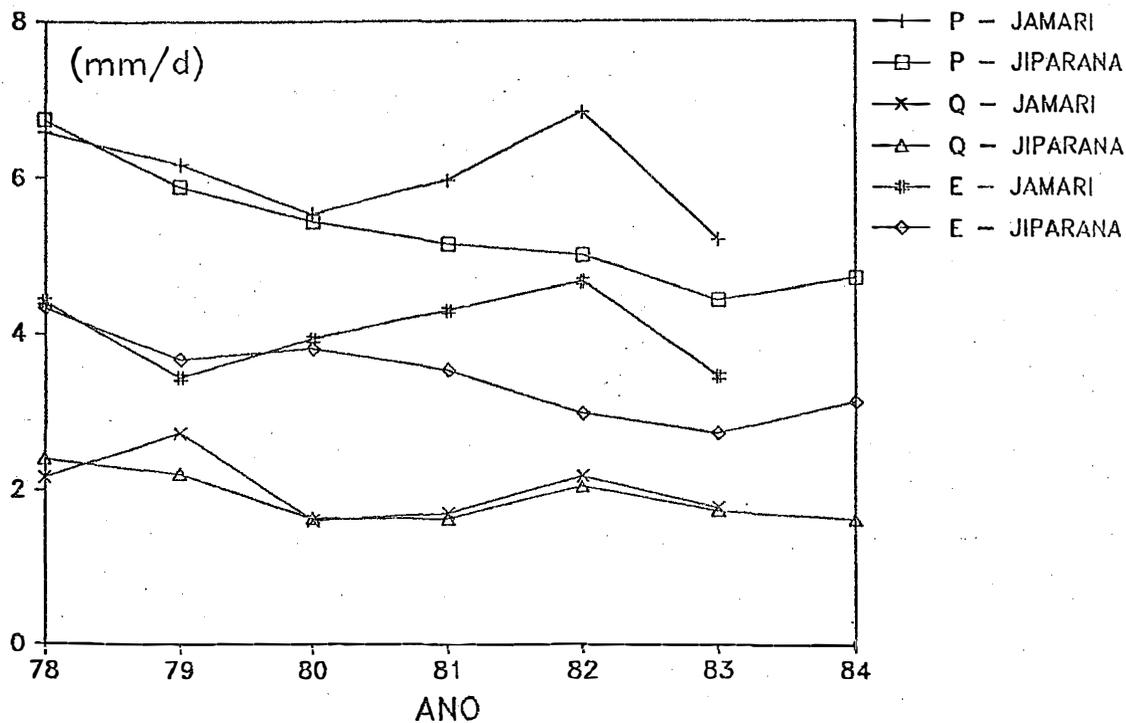


Figura 26 - Relacionamento entre vazão (Q), precipitação (P) e evapotranspiração (E) para as bacias dos rios Jiparana e Jamari, durante o período de 1978 a 1984.

A evapotranspiração real média, estimada no período de observação, para a bacia do rio Jamari, foi de $1.471,2 \text{ mm.a}^{-1}$ ou $4,03 \text{ mm.d}^{-1}$, enquanto que, para a bacia do rio Jiparanã foi da ordem de $1.259,1 \text{ mm.a}^{-1}$ ou $3,45 \text{ mm.d}^{-1}$. Ambos os valores, são próximos aos citados na literatura para a região Amazônica.

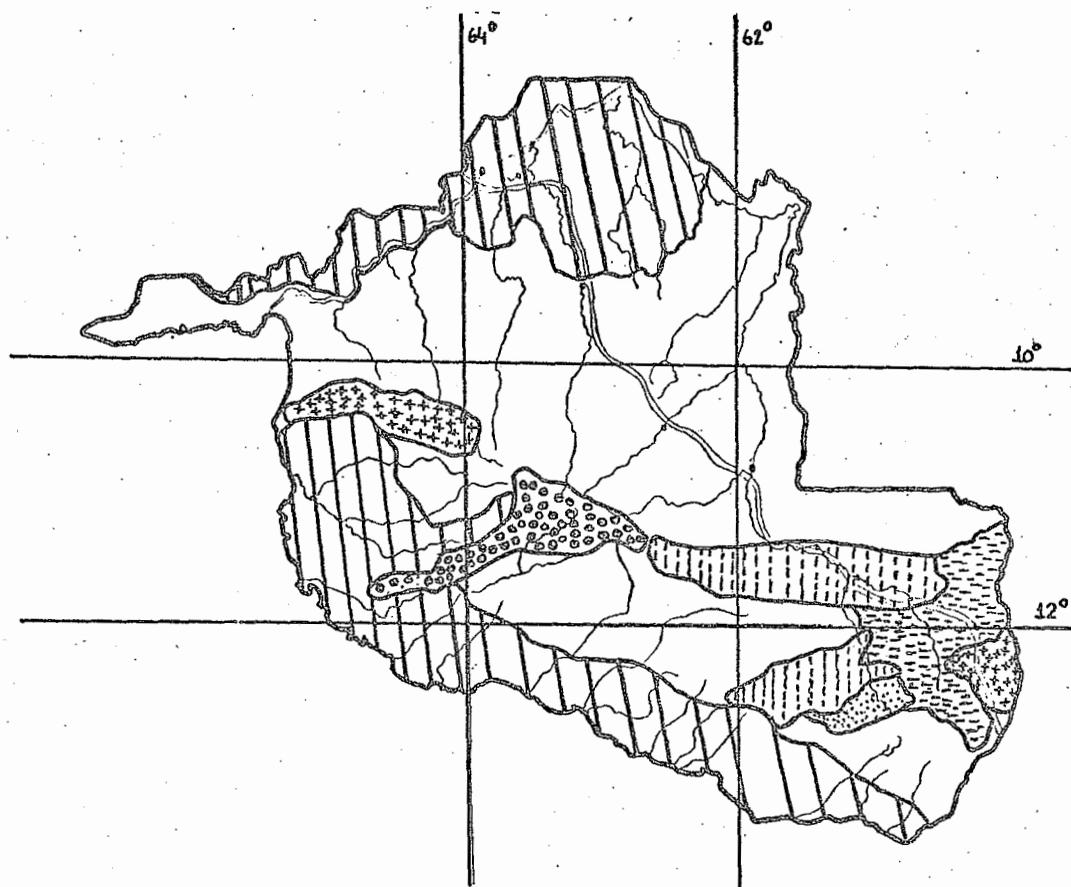
5.6. Comportamento Químico das Águas da Rede de Drenagem do rio Madeira

5.6.1. Excursões Terrestres

Os principais rios da rede de drenagem do rio Madeira foram caracterizados geologicamente em suas bacias de drenagem, segundo *PROJETO RADAMBRASIL (1978)* (Figura 27).

Os rios Pimenta Bueno e Comemoração apresentam em suas bacias de drenagem geologia bastante similar, drenando arenitos fluvio-lacustres e eolíticos (Arenito da Fazenda Casa Branca), de origem Paleozóica. Próximo à confluência de suas águas, ocorre a drenagem sobre a Formação Pimenta Bueno, constituída de arenitos e folhelhos. A principal diferença entre os dois rios é que o Pimenta Bueno tem suas nascentes acentuadas sobre o Basalto Anari, formado no Terciário.

O rio Jiparanã é formado sobre a formação Pimenta Bueno, entrando a jusante no Complexo Xingū, de litologia bem variada, com predominância de kinzigitos, anfibolitos, dioritos, granitos, gnaisses e migmatitos. Em sua parte final drena a formação granítica da Serra da Providência. Ambas as Formações são de origem Pré-Cambriana.



-  Formação Solimões (Terciário)
-  Complexo Xingü (Pré-Cambriano)
-  Formação Pacaas Novos (Pré-Cambriano)
-  Formação P. Bueno (Paleozóico)
-  Arenito da Faz. Casa Branca
-  Formação Parecis
-  Basalto Anari

Figura 27 - Aspectos geológicos das principais bacias de drenagem do Estado de Rondônia. (Dados extraídos do Projeto RADAMBRASIL, 1978).

Os rios Jarū e Jamari drenam quase que exclusivamente rochas do Complexo Xingū, já o Candeias, além de drenar parte do Complexo Xingū, drena ainda a Formação Solimões, composta por arenitos, siltitos e argilitos de origem fluvial, formada no Terciário.

O rio Madeira, com nascentes nos Andes bolivianos, na parte sul da Cordilheira, apresenta-se com litologia bastante diversificada, destacando-se argilitos, sedimentos fluvio-lacustres, quartzitos e arcóseos.

Os solos predominantes nas bacias dos rios Pimenta Bueno e Comemoração são os Podzólicos Vermelho Amarelo Eutróficos e Areias Quartzosas Álicas. Próximo a confluência, ocorrem Cambissolos Eutróficos.

Na bacia do rio Jiparanã próximo a sua formação ocorrem Cambissolos Eutróficos, seguidos por Podzólicos Vermelho Amarelo Eutrófico, solo que se estende também pela bacia do rio Jarū.

A bacia do rio Jamari apresenta como tipo de solo principal o Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico e Latossolo Vermelho Amarelo Álico, de ocorrência localizada na parte central da bacia.

O rio Candeias apresenta em sua bacia de drenagem, Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e próximo a confluência com o Jamari, Latossolo Amarelo Álico.

Outro tópico importante para a caracterização do comportamento químico das águas, foi o conhecimento das áreas das bacias de drenagem para cada rio amostrado e a avaliação das vazões no dia da coleta.

Tais dados foram obtidos através da colaboração do DNAEE e podem ser observados na Tabela 17. Foi possível assim, avaliar as taxas de transporte de nutrientes pelos rios, configurando as perdas por erosão ao nível de bacias de drenagem ($\text{kg.d}^{-1}.\text{km}^{-2}$).

Tabela 17 - Roteiro das estações amostradas durante as excursões terrestres e os valores de vazão e área das bacias de drenagem dos rios amostrados, durante o período de abril/maio de 1983 a agosto/setembro de 1985.

ESTAÇÃO (LOCALIDADE)	ÁREA DE DRENAGEM (Km ²)	VAZÃO (m ³ /s)				
		ABR/MAI (83)	JUL/AGO (83)	JAN/FEV (84)	OUT/NOV (84)	AGO/SET (85)
R. P. BUENO (P. BUENO)	12364	165	73	316	65	62
R. COMEMORAÇÃO (P. BUENO)	4230	148	64	167	66	62
R. JARÚ (JARÚ)	4400	140	17	177	2	3
R. JIPARANÁ (JIPARANÁ)	33010	1035	192	1165	199	190
R. JAMARI (ARIQUEMES)	7295	556	43	326		
R. CANDEIAS (CANDEIAS)	12730	951	124	218	38	68
R. MADEIRA (ABUNÁ)	899800	29718	20514	25716	4934	8521
R. MADEIRA (P. VELHO)	954300	30955	20594	25032	5609	10150
R. MADEIRA (HUMAITÁ)	1066000	37951	20775	27768	6378	
R. MAMORÉ (G. MIRIM)	589500	16244	12227	9588	1224	6044
R. GUAPORÉ (PIMENTEIRAS)	22390	783	344	645	187	338

5.6.1.1. Características Químicas

Pode ser observado através da **Tabela 18**, o quadro geral dos resultados analíticos envolvendo cátions básicos (Ca, Mg, K e Na) e soma total de cátions (TZ+), para a rede de drenagem do rio Madeira, no período de abril/maio de 1983 a agosto/setembro de 1985, período esse relativo as excursões terrestres realizadas. Os resultados foram apresentados em termos de concentração absoluta ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) e fluxo de nutrientes ($\text{kg} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$).

Os rios amostrados na rede de drenagem do rio Madeira foram classificados e caracterizados segundo *STALLARD e EDMOND (1983)*. Os autores, em trabalho desenvolvido na Amazônia, classificaram as águas fluviais através da soma total de cátions básicos (Ca, Mg, K e Na), a qual chamaram de TZ+, relacionando esses valores com a geologia característica da região e o regime de erosão predominante na bacia de drenagem. Dessa forma, consideraram que rios com $\text{TZ}^+ < 200 \mu\text{eq} \cdot \text{l}^{-1}$, seriam rios com baixa concentração de cátions básicos, com predominância em suas bacias de drenagem, de materiais altamente intemperizados formado por condições de erosão limitadas pelo transporte. Os rios com TZ+ entre 200 e 450 $\mu\text{eq} \cdot \text{l}^{-1}$, foram considerados pelos autores, como de concentração baixa a média, com drenagem sobre os Escudos Cristalinos tanto do Norte como Sul, com exceção do rio Negro que apresentou TZ+ entre 99 e 288 $\mu\text{eq} \cdot \text{l}^{-1}$. Tais rios drenam terrenos silicicos e o controle geológico é regido pela intemperização de silicatos. Os rios com TZ+ entre 450 e 3.000 foram considerados ricos em cátions, tendo como origem, material de leito andino e sedimentos marinhos.

Tabela 18 - Resultados analíticos de cátions básicos e soma total de cátions (TZ+) para a rede de drenagem do rio Madeira, obtidos durante as excursões terrestres de abril/maio de 1983 a agosto/setembro de 1985.

.91.

ESTAÇÃO (LOCALIDADE)	CATIONES BÁSICOS E SOMA TOTAL DE CATIONES									
	Ca	Ca	Hg	Hg	K	K	Na	Na	TZ+	TZ+
	(mg/l)	(Kg/d. Km2)	(mg/l)	(Kg/d. Km2)	(mg/l)	(Kg/d. Km2)	(mg/l)	(Kg/d. Km2)	(mg/l)	(Kg/d. Km2)
Abril/Maio (1983)										
R. P. BUENO (P. BUENO)	2.45	2.83	1.14	1.32	1.13	1.30	1.09	1.26	5.81	6.71
R. COMENORACAO (P. BUENO)	0.58	1.75	0.30	0.91	0.74	2.24	0.30	0.91	1.92	5.80
R. JARU (JARU)	3.82	10.50	1.58	4.34	2.10	5.77	2.41	6.63	9.91	27.24
R. JIPARANA (JIPARANA)	2.22	6.01	1.14	3.09	0.98	2.65	3.20	8.67	7.54	20.43
R. JAMARI (C. SAMUEL)	1.26		0.48		1.33		1.09		4.16	
R. JAMARI (ARIQUEMES)	1.68	11.06	0.63	4.15	1.87	12.31	1.66	10.93	5.84	38.46
R. CANDEIAS (CANDEIAS)	0.53	3.42	0.17	1.10	0.77	4.97	0.90	5.81	2.37	15.30
R. MADEIRA (ABUNA)										
R. MADEIRA (P. VELHO)	5.61	15.72	1.85	5.18	1.16	3.25	2.13	5.97	10.75	30.13
R. MADEIRA (HUMAITA)	7.33	22.55	2.36	7.26	1.37	4.21	1.95	6.00	13.01	40.02
R. MADORE (G. MIRIM)										
R. GUAPORE (PIMENTEIRAS)										
Julho/Agosto (1983)										
R. P. BUENO (P. BUENO)	2.16	1.10	0.93	0.47	0.80	0.41	0.77	0.39	4.66	2.37
R. COMENORACAO (P. BUENO)	0.36	0.47	0.17	0.22	0.47	0.62	0.10	0.13	1.10	1.44
R. JARU (JARU)	4.75	1.58	2.14	0.71	2.63	0.87	3.02	1.00	12.54	4.16
R. JIPARANA (JIPARANA)	1.70	0.85	5.00	2.51	0.87	0.44	0.74	0.37	8.31	4.18
R. JAMARI (C. SAMUEL)	0.89		0.38		0.86		0.62		2.75	
R. JAMARI (ARIQUEMES)	2.21	1.12	0.83	0.42	1.91	0.97	1.78	0.90	6.73	3.42
R. CANDEIAS (CANDEIAS)	0.47	0.40	0.38	0.32	0.86	0.72	0.40	0.34	2.11	1.78
R. MADEIRA (ABUNA)	8.17	16.09	2.79	5.50	1.68	3.31	2.44	4.81	15.08	29.70
R. MADEIRA (P. VELHO)	7.76	14.47	2.78	5.18	1.68	3.13	2.44	4.55	14.66	27.33
R. MADEIRA (HUMAITA)										
R. MADORE (G. MIRIM)	6.72	12.04	2.90	5.20	2.25	4.03	3.02	5.41	14.89	26.68
R. GUAPORE (PIMENTEIRAS)	1.37	1.82	0.90	1.19	1.02	1.35	0.10	0.13	3.39	4.50
Janeiro/Fevereiro (1984)										
R. P. BUENO (P. BUENO)	2.53	5.59	1.10	2.43	1.85	4.09	0.96	2.12	6.44	14.24
R. COMENORACAO (P. BUENO)	1.62	5.53	0.75	2.56	1.28	4.37	1.09	3.72	4.74	16.17
R. JARU (JARU)	3.76	13.07	1.47	5.11	2.54	8.83	2.67	9.28	10.44	36.29
R. JIPARANA (JIPARANA)	2.26	6.89	1.10	3.35	1.60	4.88	1.26	3.84	6.22	18.97
R. JAMARI (C. SAMUEL)	1.31		0.49		1.73		1.44		4.97	
R. JAMARI (ARIQUEMES)	1.94	7.49	0.69	2.66	2.03	7.84	1.87	7.22	6.53	25.21
R. CANDEIAS (CANDEIAS)	0.77	1.14	0.19	0.28	0.84	1.24	0.62	0.92	2.42	3.58
R. MADEIRA (ABUNA)	9.41	23.24	3.23	7.98	2.94	7.26	2.79	6.89	18.37	45.36
R. MADEIRA (P. VELHO)	7.70	17.45	2.63	5.96	1.90	4.31	2.33	5.28	14.56	33.00
R. MADEIRA (HUMAITA)	7.81	17.58	2.56	5.76	2.03	4.57	2.33	5.24	14.73	33.15
R. MADORE (G. MIRIM)	1.62	2.28	2.64	3.71	2.76	3.88	2.53	3.56	9.55	13.42
R. GUAPORE (PIMENTEIRAS)										
Outubro/Novembro (1984)										
R. P. BUENO (P. BUENO)	1.50	0.69	0.65	0.30	1.64	0.75	0.29	0.13	4.08	1.87
R. COMENORACAO (P. BUENO)	0.43	0.58	0.22	0.30	1.09	1.48	0.47	0.64	2.21	3.00
R. JARU (JARU)	3.79	0.14	1.78	0.07	5.95	0.22	3.04	0.11	14.56	0.54
R. JIPARANA (JIPARANA)	1.79	0.93	0.85	0.44	2.48	1.29	1.04	0.54	6.16	3.21
R. JAMARI (C. SAMUEL)	1.68								1.68	
R. JAMARI (ARIQUEMES)	0.63	0.16	0.37	0.09	1.95	0.50	1.12	0.29	4.07	1.04
R. CANDEIAS (CANDEIAS)	6.72	3.18	2.28	1.08	1.37	0.65	3.64	1.72	14.01	6.64
R. MADEIRA (ABUNA)	5.42	2.75	1.96	0.99	1.46	0.74	3.97	2.02	12.81	6.50
R. MADEIRA (P. VELHO)	6.67	3.45	2.34	1.21	1.44	0.74	3.49	1.80	13.94	7.21
R. MADEIRA (HUMAITA)	11.51	2.06	4.89	0.88	1.90	0.34	6.22	1.12	24.52	4.40
R. MADORE (G. MIRIM)	0.98	0.71	0.44	0.32	1.02	0.74	0.90	0.65	3.34	2.41
R. GUAPORE (PIMENTEIRAS)										
Agosto/Setembro (1985)										
R. P. BUENO (P. BUENO)	2.26	0.98	1.01	0.44	1.02	0.44	0.96	0.41	5.25	2.27
R. COMENORACAO (P. BUENO)	0.48	0.60	0.22	0.28	0.48	0.60	0.35	0.44	1.53	1.93
R. JARU (JARU)	6.97	0.36	3.19	0.16	1.00	0.05	4.76	0.24	15.92	0.82
R. JIPARANA (JIPARANA)	1.92	0.95	0.89	0.44	0.70	0.35	1.24	0.62	4.75	2.36
R. JAMARI (C. SAMUEL)	0.95		0.37		0.92		0.89		3.13	
R. JAMARI (ARIQUEMES)	2.54		0.88		1.40		1.95		6.77	
R. CANDEIAS (CANDEIAS)										
R. MADEIRA (ABUNA)										
R. MADEIRA (P. VELHO)	8.43	7.75	2.89	2.66	1.16	1.07	3.55	3.26	16.03	14.74
R. MADEIRA (HUMAITA)	7.51		2.57		1.17		3.19		14.44	
R. MADORE (G. MIRIM)	7.71	6.83	3.19	2.83	1.30	1.15	4.76	4.22	16.96	15.02
R. GUAPORE (PIMENTEIRAS)	2.56	3.34	1.06	1.30	1.03	1.34	1.65	2.15	6.24	8.14

A Tabela 19 apresenta os dados da concentração média, normalizada para a vazão de Ca, Mg, K, Na e TZ+ (soma de cátions básicos), para os principais rios da rede de drenagem do rio Madeira, amostrados durante as excursões terrestres, em comparação com os resultados obtidos para o rio Amazonas. Os rios Comemoração e Candeias apresentaram baixa concentração de cátions básicos, com TZ+ 124,6 e 101,4 $\mu\text{eq.l}^{-1}$ respectivamente. Os rios Jiparanã, Pimenta Bueno e Jamari, apresentaram concentração de cátions básicos classificados de baixa a média, com TZ+ 337,7; 281,5; 270,2 $\mu\text{eq.l}^{-1}$ respectivamente. O rio Jarú, mesmo apresentando um valor para TZ+ de 496,8, considerado alto, foi enquadrado nessa classe, devido o posicionamento geológico da sua bacia de drenagem. O rio Madeira, com 694,7 $\mu\text{eq.l}^{-1}$, considerado rico em cátions básicos, devido ao posicionamento geográfico das suas nascentes nos Andes Bolivianos, apresentou-se similar ao rio Amazonas.

A Tabela 20, mostra a proporção relativa de Ca, Mg, K e Na, expressa em porcentagem, para a Concentração Média Mundial dos rios (CMM), rios da América do Sul (RAS), rio Amazonas em Óbidos (PA), em comparação com os principais rios da rede de drenagem do rio Madeira. Foi verificado que o rio Madeira apresentou proporção relativa de cátions básicos semelhante ao rio Amazonas e dentro da concentração média dos rios da América do Sul e Mundial. Os demais rios, pertencentes ao interior do Estado de Rondônia, apresentaram-se pobres em cátions básicos, com proporções relativas de Ca, Mg, K e Na diferentes da concentração média mundial dos rios. Os rios pertencentes à bacia do Jamari, rios Jamari e Candeias, apresenta

Tabela 19 - Concentração média, normalizada para a vazão de Ca, Mg, K, Na e TZ+, para os principais rios da rede de drenagem do rio Madeira, amostrados durante as excursões terrestres realizadas no período de abril/maio de 1983 a agosto/setembro de 1985.

RIO	CATIONS BÁSICOS (ueq/l)				
	Ca	Mg	K	Na	TZ+
PIMENTA BUENO	117,5	86,7	37,7	39,6	281,5
COMEMORACAO	43,0	34,2	23,1	24,3	124,6
JARÚ	193,0	130,0	60,8	113,0	496,8
JIPARANA	107,5	112,5	33,8	83,9	337,7
JAMARI	90,0	55,0	49,5	75,7	270,2
CANDEIAS	28,5	16,7	21,0	35,2	101,4
MADEIRA	347,7	199,1	38,3	109,6	694,7
AMAZONAS	369,5	98,3	27,7	111,3	606,8

Tabela 20 - Proporção relativa de Ca, Mg, K e Na da rede de drenagem do rio Madeira, em comparação com os valores de concentração média mundial dos rios (CMM), rios da América do Sul (RAS) e no Amazonas, em Óbidos.

RIO	PROPORÇÃO RELATIVA (%)			
	Ca	Mg	Na	K
CMM	54	14	25	7
RAS	46	9	35	10
AMAZONAS	61	10	21	9
MADEIRA	48	18	23	11
PIMENTA BUENO	41	18	16	25
COMEMORAÇÃO	32	15	21	33
JARÚ	37	15	25	23
JIPARANA	32	20	28	20
JAMARI	29	11	28	31
CANDEIAS	24	8	34	34

ram proporções relativas de Ca e Mg inferiores à concentração média mundial e superiores em Na e K. Os rios da bacia do Jiparanã tiveram proporções relativa de Ca inferior à concentração média mundial mas superior aos rios da bacia do Jamari; no entanto os resultados para Mg e Na foram semelhantes. As maiores diferenças ocorreram em relação ao K, sendo muito superior (cerca de quatro vezes) para os rios da bacia do Jiparanã.

Os resultados analíticos de algumas espécies químicas de interesse para os rios da região, são mostrados na Tabela 21. Inicialmente, pode ser observado que os rios do interior de Rondônia apresentaram-se relativamente ricos em Si, quando comparados com o canal principal do rio Madeira e pobres em Ca, Mg, K e Na, como visto anteriormente (Tabela 18).

De uma maneira geral, as maiores concentrações de íons dissolvidos foram encontradas no rio Jarú, cuja drenagem predominante é sobre o Complexo Xingú, com litologia bem variada como kinzigitos, granitos e intemperização elevada. Deve ser colocado ainda, o fato de ser uma região onde vem ocorrendo nos últimos anos as maiores taxas de desmatamento do Estado de Rondônia. A mesma tendência ocorreu para o rio Jiparanã, com aproximadamente o mesmo grau de intensidade. Para a bacia do rio Jamari, observou-se um certo decréscimo de concentração de íons dissolvidos à medida em que havia proximidade da foz. Fizeram parte desse sistema, os rios Jamari, amostrados em Ariquemas e Cachoeira do Samuel e o rio Candeias. Esse último rio, foi o que apresentou as menores concentrações de íons dissolvidos, embora estejam embasados sobre complexos geológicos semelhantes. O índice de desmatamento nessa região é mínimo ainda, fator que deve ser levado em consideração, não para justificar e sim associar

Tabela 21 - Resultados analíticos de espécies químicas de interesse, para as estações de amostras, durante as excursões terrestres realizadas no período de abril/maio de 1983 e agosto/setembro de 1985.

.95.

ESTAÇÃO (LOCALIDADE)	ESPECIES QUÍMICAS (mg/l)							
	SI	AL	Fe	NH4	Cl	SO4	NO3	PO4
Abril/Maio(1983)								
R. P. BUENO (P. BUENO)	6.98	0.05	0.12	0.26	0.13	2.71	0.16	
R. COMEMORACAO (P. BUENO)	4.20	0.11	0.09	0.27	0.38	1.00	0.11	
R. JARU (JARU)	10.79	0.12	0.31	0.20	0.19	2.29	0.17	
R. JIPARANA (JIPARANA)	7.18	0.09	0.16	0.23	0.47	1.36	0.16	
R. JAMARI (C. SAMUEL)	5.34	0.09	0.14	0.20	0.10	2.71	0.13	
R. JAMARI (ARIQUEMES)	7.53	0.05	0.19	0.20	0.63	2.29	0.14	
R. CANDEIAS (CANDEIAS)	3.39	0.07	0.08	0.20	0.19	2.50	0.09	
R. MADEIRA (ABUNA)								
R. MADEIRA (P. VELHO)	4.13	0.11	0.19	0.30	1.08	5.00	0.11	
R. MADEIRA (HUMAITA)	5.97	1.64	3.50	0.26	1.75	10.81	0.11	
R. MANORE (G. MIRIM)								
R. GUAPORE (PIMENTEIRAS)								
Julho/Agosto(1983)								
R. P. BUENO (P. BUENO)	6.68	0.10	0.28	0.14	0.10	1.00	0.60	1.00
R. COMEMORACAO (P. BUENO)	4.51	0.05	0.16	0.14	0.10	1.00	0.27	1.00
R. JARU (JARU)	12.70	0.08	1.19	0.14	0.10	1.00	0.44	1.00
R. JIPARANA (JIPARANA)	6.46	0.05	0.27	0.14	0.10	1.00	0.24	1.00
R. JAMARI (C. SAMUEL)	4.19	0.05	0.36	0.10	0.10	1.00	0.01	1.00
R. JAMARI (ARIQUEMES)	7.45	0.07	0.73	0.10	0.10	1.00	0.20	1.00
R. CANDEIAS (CANDEIAS)	3.41	0.05	0.36	0.10	0.10	1.00	0.13	1.00
R. MADEIRA (ABUNA)	5.47	1.58	3.96	0.19	0.14	8.82	0.56	0.14
R. MADEIRA (P. VELHO)	5.29	1.47	4.26	0.21	0.15	6.58	0.54	6.58
R. MADEIRA (HUMAITA)	5.97	1.64	3.50	0.26	1.75	10.81	0.11	
R. MANORE (G. MIRIM)	5.18	1.08	4.19	0.25	0.12	8.82	0.50	0.12
R. GUAPORE (PIMENTEIRAS)	6.61	0.05	0.41	0.14	0.10	1.00	0.01	0.10
Janeiro/fevereiro(1984)								
R. P. BUENO (P. BUENO)		0.16	0.09	0.20	0.10	2.00	0.11	
R. COMEMORACAO (P. BUENO)		1.05	1.03	0.20	0.10	2.00	0.01	
R. JARU (JARU)		0.05	0.10	0.20	0.13	2.00	0.07	
R. JIPARANA (JIPARANA)		0.05	0.24	0.20	0.10	2.00	0.06	
R. JAMARI (C. SAMUEL)		0.05	0.29	0.20	0.10	2.00	0.14	
R. JAMARI (ARIQUEMES)		0.05	0.29	0.20	0.10	2.00	0.03	
R. CANDEIAS (CANDEIAS)		0.12	0.62	0.20	0.10	2.00	0.12	
R. MADEIRA (ABUNA)		1.86	1.34	0.20	0.41	13.89	0.05	
R. MADEIRA (P. VELHO)		1.82	1.85	0.20	0.25	4.58	0.19	
R. MADEIRA (HUMAITA)		0.95	0.91	0.20	0.10	5.00	0.22	
R. MANORE (G. MIRIM)		0.91	1.25	0.20	0.10	2.00	0.06	
R. GUAPORE (PIMENTEIRAS)								
Outubro/Novembro(1984)								
R. P. BUENO (P. BUENO)	5.23	0.10	0.28	0.20	1.23	2.00	0.15	0.10
R. COMEMORACAO (P. BUENO)	3.85	0.17	0.31	0.20	1.35	2.00	0.09	0.10
R. JARU (JARU)	9.55	0.05	0.86	0.20	1.96	2.00	0.21	0.10
R. JIPARANA (JIPARANA)	5.58	0.15	0.43	0.20	1.04	2.00	0.19	0.10
R. JAMARI (C. SAMUEL)	3.81	0.07	0.27	0.20	0.43	2.00	0.05	0.10
R. JAMARI (ARIQUEMES)	6.35	0.09	0.59	0.20	1.16	2.00	0.09	0.10
R. CANDEIAS (CANDEIAS)	2.71	0.07	0.21	0.20	1.59	2.00	0.04	0.10
R. MADEIRA (ABUNA)	4.13	0.18	0.38	0.20	2.56	13.50	0.15	0.10
R. MADEIRA (P. VELHO)	4.08	0.13	0.27	0.20	3.71	12.42	0.25	0.10
R. MADEIRA (HUMAITA)	4.02	0.18	0.36	0.20	2.62	12.42	0.11	0.10
R. MANORE (G. MIRIM)	3.44	0.07	0.18	0.20	5.30	30.50	0.20	0.10
R. GUAPORE (PIMENTEIRAS)	3.58	0.07	0.21	0.20	1.53	2.00	0.01	0.10
Agosto/Setembro(1985)								
R. P. BUENO (P. BUENO)	7.16	0.20	0.36	0.20	0.22	2.00	0.20	0.23
R. COMEMORACAO (P. BUENO)	4.94	0.18	0.10	0.20	0.10	2.00	0.17	0.11
R. JARU (JARU)	11.79	0.14	0.33	0.20	2.39	2.00	0.06	0.20
R. JIPARANA (JIPARANA)	7.08	0.21	0.16	0.20	0.28	2.00	0.13	0.25
R. JAMARI (C. SAMUEL)	3.91	0.14	0.06	0.20	0.16	2.00	0.01	0.16
R. JAMARI (ARIQUEMES)	6.59	0.19	0.14	0.20	0.45	2.00	0.09	0.13
R. CANDEIAS (CANDEIAS)					0.16	2.00	0.08	
R. MADEIRA (ABUNA)								
R. MADEIRA (P. VELHO)	5.55	0.16	0.10	0.20	0.92	12.73	0.33	0.22
R. MADEIRA (HUMAITA)	5.06	0.14	0.11	0.20	0.87	10.77	0.29	0.26
R. MANORE (G. MIRIM)	5.53	0.23	0.16	0.20	1.89	13.68	0.38	0.29
R. GUAPORE (PIMENTEIRAS)	7.39	0.21	0.24	0.20	0.10	2.00	0.06	0.29

tal comportamento químico.

Com excessão do Si, todas as outras espécies químicas dissolvidas, apresentaram-se mais concentradas no canal principal do rio Madeira, fato esse devido as suas nascentes serem de origem andina e carrear em maior carga de sedimentos em suspensão.

Foi possível observar ainda, uma tendência no sentido do aumento das concentrações das espécies dissolvidas em função do tempo, mas como o período de observação foi relativamente curto, e os processos de ciclagem relativamente longos, pouco ou quase nada pode ser inferido com relação as atividades antropogênicas na região.

Os rios do interior do Estado de Rondônia apresentaram baixas concentrações em ânions, com distribuições sem um padrão definido. No canal principal do rio Madeira, em estações previamente definidas, verificou-se um aumento na concentração de SO_4^{2-} e NO_3^- em função do tempo, mas uma distribuição espacial totalmente aleatória, devido principalmente as maiores relações biológicas dos ânions com a biota do que quando comparados com o embasamento geológico.

Com relação ao pH, os rios do interior do Estado foram considerados em sua maioria ácidos, com valores determinados entre 4,9 e 5,5 enquanto que, o rio Madeira em seu canal principal apresentou valores próximos a neutralidade, entre 6,5 e 6,9.

Os valores de condutividade elétrica obtidos para os rios em questão, condizeram com as medidas de pH observadas, sendo considerado pobres em eletrólitos os rios do interior (condutividade elétrica de 4,0

a $12,0 \mu\text{S.cm}^{-1}$), quando comparados com o rio Madeira (60 a $70 \mu\text{S.cm}^{-1}$).

5.6.1.2. Transporte de Nutrientes

Com a utilização dos dados de concentração, vazão e área de drenagem, procurou-se avaliar o transporte dos nutrientes, Ca, Mg, K e Na na bacia do rio Madeira, para o período de realização das excursões terrestres (abril/maio de 1983 a agosto/setembro de 1985). Com o auxílio das Figuras 28, 29, 30 e 31 pode ser observado, os distintos comportamentos no transporte dos nutrientes em questão.

Analisando os comportamentos dos rios do interior do Estado de Rondônia, rios Jiparanã, Jamari e Jarú, concernentes ao transporte de nutrientes, observou-se que as maiores taxas ocorreram principalmente na bacia do rio Jarú e que foram muito maiores durante os períodos de cheia (jan/fev 84 e abr/mai 83), do que durante a seca (jul/ago 83, ago/set 85 e out/nov 84). Tal comportamento foi semelhante para os nutrientes Ca, Mg, K e Na. A ordem decrescente das taxas no transporte de nutrientes para a bacia do rio Jarú foi a seguinte: $\text{Ca} > \text{Na} > \text{K} > \text{Mg}$, durante o período de cheia e $\text{Ca} = \text{Na}, \text{K}, \text{Mg}$, durante a seca.

O rio Jiparanã apresentou as mesmas características no transporte de nutrientes que o rio Jarú, porém com menor intensidade. A mesma seqüência decrescente das taxas no transporte foi observada durante o período cheia.

Intermediariamente, situou-se o rio Jamari, apresentando

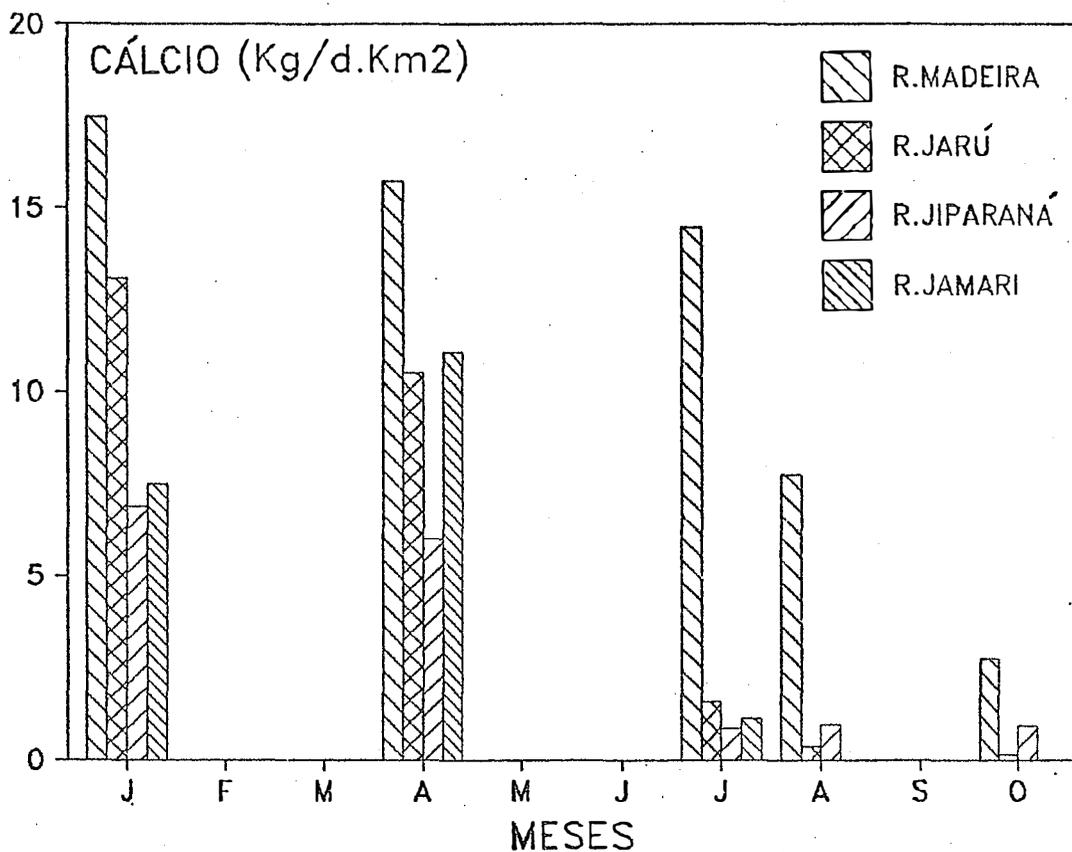


Figura 28 - Variação sazonal no transporte de cálcio, para o rio Maadeira e principais tributários, durante o ciclo hidrolôgico.

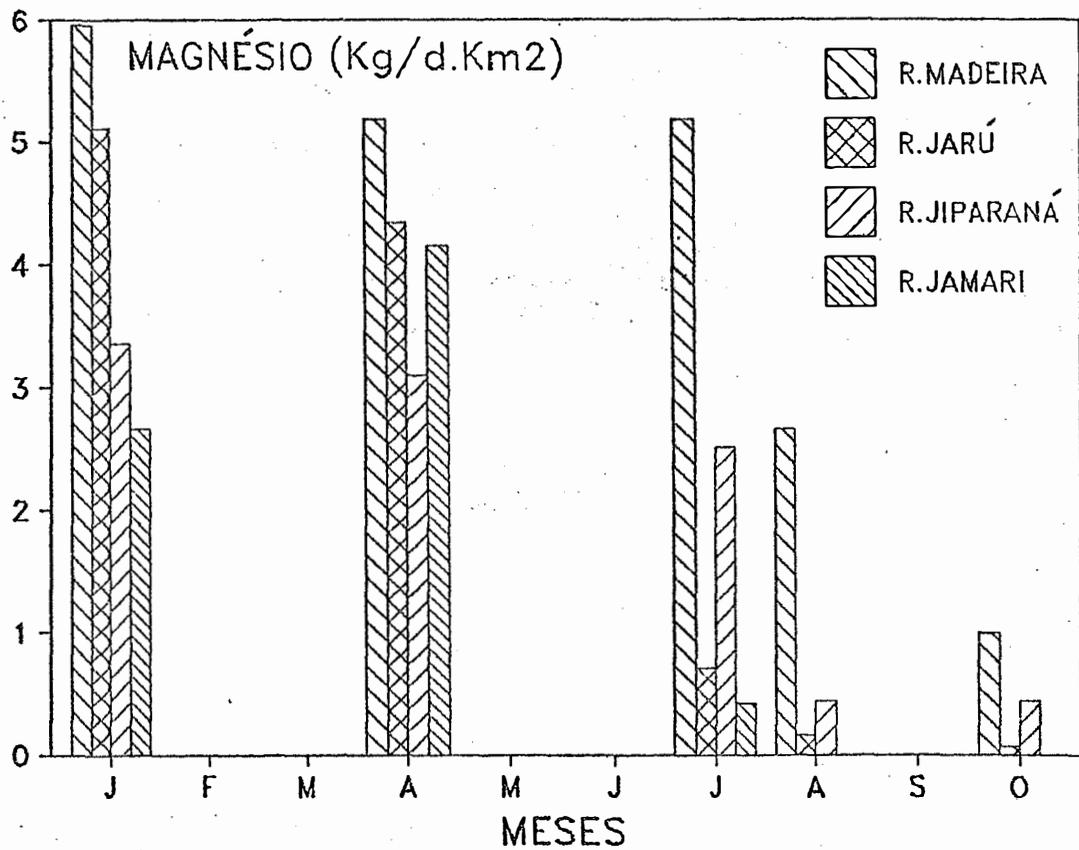


Figura 29 - Variação sazonal no transporte de Magnésio, para o rio Madeira e principais tributários, durante o ciclo hidrológico.

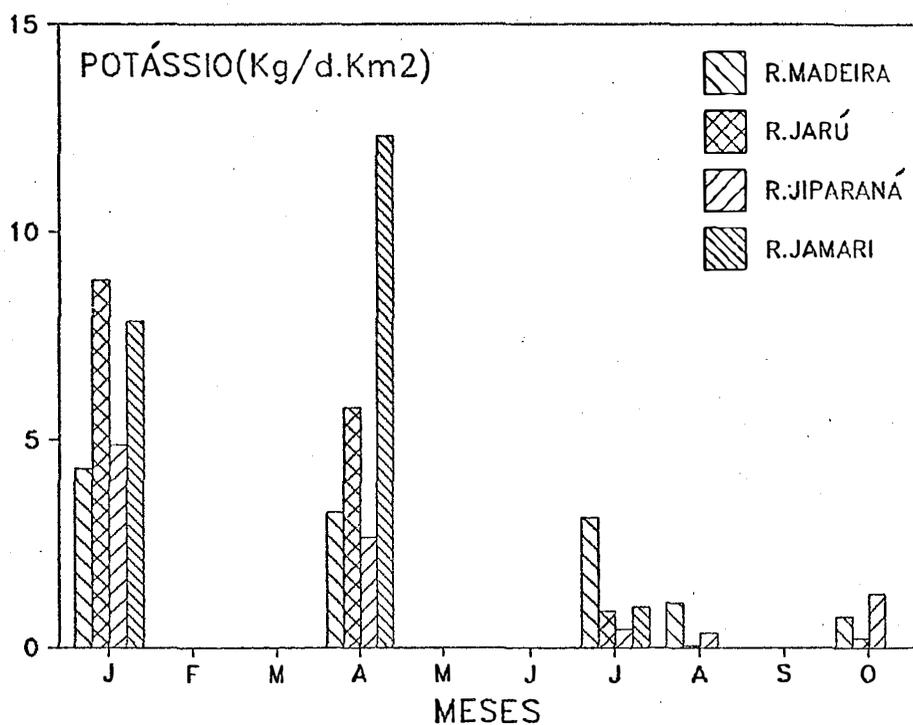


Figura 30 - Variação sazonal no transporte de Potássio, para o rio Madeira e principais tributários, durante o ciclo hidrológico.

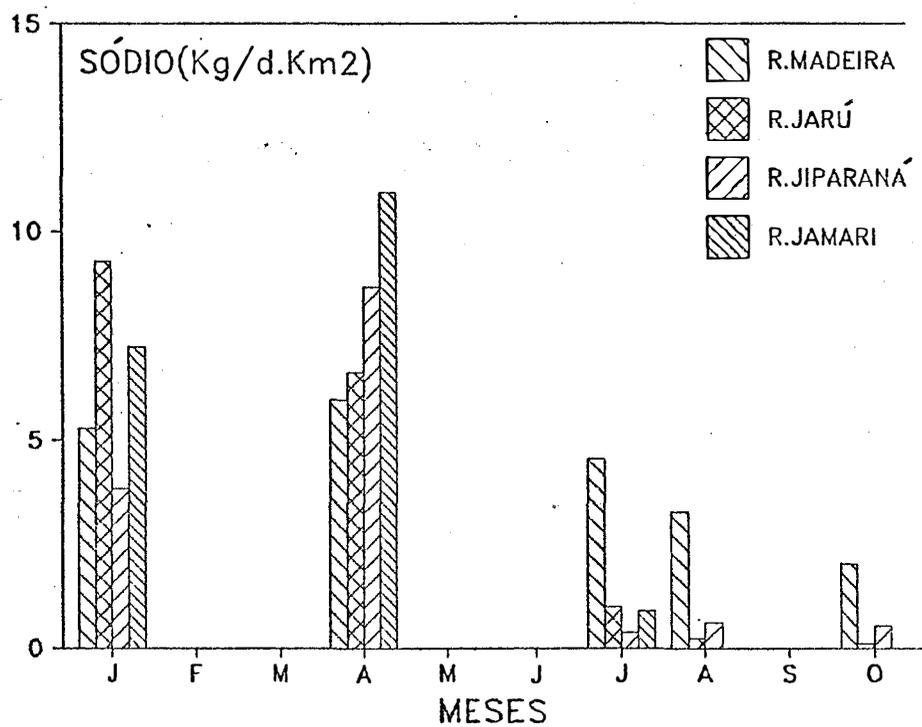


Figura 31 - Variação sazonal no transporte de Sódio, para o rio Madeira e principais tributários, durante o ciclo hidrológico.

um maior transporte de nutrientes durante a descendente da onda de cheia e não na ascendente como nos outros casos. O padrão característico foi o mesmo para Ca, Mg, Na e K, somente alterando a ordem decrescente das taxas de transporte: $K > Na > Ca > Mg$. Cabe salientar que os rios Jarú e Jamari, que apresentaram maiores taxas no transporte de nutrientes, têm suas bacias de drenagem sobre a mesma litologia ou seja, as rochas do Complexo Xingú, enquanto que o Jiparanã formado sobre a Formação Pimenta Bueno, atinge o Complexo Xingú bem a jusante da estação de amostragem.

O rio Madeira, rico em nutrientes, devido ao posicionamento Andino de suas nascentes, geologicamente mais recente e relevo mais acentuado, apresentou as maiores taxas no transporte de Ca e Mg, para os períodos de cheia e seca, em comparação com os rios do interior do Estado de Rondônia. Com relações aos comportamentos de Na e K, esses foram inferiores durante a cheia e superiores durante a seca.

5.6.2. Excursões Fluviais

5.6.2.1. Características Químicas

As excursões fluviais foram realizadas pelo rio Madeira, no trecho Porto Velho-Urucurituba (próximo a fôz), nos períodos de abril de 1984 e janeiro de 1985, ambos com águas altas, correspondentemente à onda de cheia e ao nível ascendente das águas.

Pode ser observado na Tabela 22, as áreas das bacias de drenagem das estações do rio Madeira e seus principais tributários, amos

Tabela 22 - Áreas das bacias de drenagem das estações amostradas durante as excursões fluviais realizadas em abril de 1984 e janeiro de 1985, com as respectivas vazões.

RIO MADEIRA	ÁREA (Km ²)	VAZÃO (m ³ /s)	
		Abril (1984)	Janeiro (1985)
P. VELHO	954300	41700	20900
HUMAITÁ	1066000	46400	27900
FATIMA	1100000	47500	29100
MANICORÉ	1122422	48400	33300
AMÉRICA	1279500	55600	33529
V. ALEGRE	1280945	53100	42181
URUCURITUBA	1360000	58100	43804
TRIBUTÁRIO			
R. JAMARI	30430	900	1100
R. JIPARANÁ	60350	1700	2700
R. ARIPUANÁ	138853	8900	7800

trados durante as excursões fluviais, com os respectivos valores de va
zão.

A Tabela 23, apresenta os resultados analíticos das princi
pais espécies químicas para as estações amostradas. Pode ser verificado
que as distribuições espaciais das espécies químicas dissolvidas, no cana
l principal do rio Madeira, foram de uma forma geral, constantes para
os dois períodos de amostragens, excetuando-se o Ca, que sofreu diminui
ção da concentração próximo a foz. Tal constância justificou uma contribu
ição não significativa dos tributários para o canal principal.

5.6.2.2. Transporte de Nutrientes

A Tabela 24, apresenta os resultados do transporte de nutri
entes para as estações do rio Madeira e de seus principais tributários,
durante as excursões fluviais de abril de 1984 e janeiro de 1985. Os resu
ltados mostraram para o Ca e Na, as maiores taxas. A ordem decrescente
no transporte de nutrientes foi $Ca > Na > Mg > K$, para os dois períodos de
amostragens, podendo ser observados nas Figuras 32 e 33. Um gradiente neg
ativo no sentido da foz, foi observado no comportamento do Ca, o mesmo
não ocorrendo para os demais nutrientes. Com o auxílio dessa figuras, ver
ificou-se que o aporte de nutrientes foi superior para o período de
cheia, em comparação com o período de elevação do nível da água do rio.

Tabela 23 - Resultados analíticos das principais espécies químicas para as estações amostradas durante as excursões fluviais de abril de 1984 e janeiro de 1985.

ESPÉCIES QUÍMICAS (mg/l)							
RIO MADEIRA	Ca	Mg	K	Na	Cl	Si	Fe
Abril (1984)							
P. VELHO	6,36	2,23	1,62	2,50	1,06	13,92	0,50
HUMAITÁ	5,65	2,01	1,62	3,38	1,97	12,43	0,38
FATIMA	5,68	2,01	1,58	3,47	1,97	14,60	0,45
MANICORÉ	5,18	1,84	1,41	2,41	0,93	11,85	0,50
AMÉRICA	5,39	1,92	1,49	3,12	0,10	9,92	0,48
V. ALEGRE	4,53	1,66	1,41	2,42	3,85	10,86	0,51
URUCURITUBA	4,69	1,69	1,49	2,85	1,68	12,36	0,44
R. JAMARI	0,73	0,27	0,99	1,25	0,60	13,92	0,49
R. JIPARANÁ	1,67	0,80	1,37	1,25	0,65	11,31	0,37
R. ARIPUANA	0,75	0,34	0,99	3,02	1,97	13,29	0,32
Janeiro (1985)							
P. VELHO	9,06	3,45	1,65	2,60	0,65	13,42	0,35
HUMAITÁ	6,97	2,44	1,46	2,44	0,65	13,42	0,26
FATIMA	7,13	2,51	1,44	2,45	0,69	12,28	0,25
MANICORÉ	6,75	2,46	1,27	2,31	0,61	9,70	0,26
AMÉRICA	6,46	2,30	1,26	2,34	0,64	12,19	0,25
V. ALEGRE	5,39	1,93	1,20	2,28	0,69	12,67	0,22
URUCURITUBA	5,41	1,97	1,19	2,16	0,74	12,58	0,28
R. JAMARI	0,77	0,28	1,15	0,81	0,10	12,00	0,41
R. JIPARANÁ	1,67	0,78	1,69	1,21	0,33	12,67	0,53
R. ARIPUANA	0,75	0,98	0,98	0,83	0,35	15,74	0,33

Tabela 24 - Resultados do transporte de nutrientes para as estações amostradas durante as excursões fluviais de abril de 1984 e janeiro de 1985.

TRANSPORTE DE NUTRIENTES (Kg/d.Km ²)						
RIO MADEIRA	Ca	Mg	K	Na	Cl	Fe
Abril (1984)						
P. VELHO	24,11	8,45	6,14	9,48	4,02	1,90
HUMAITÁ	21,34	7,59	6,12	12,77	7,44	1,44
FATIMA	21,20	7,50	5,89	12,94	7,35	1,68
MANICORÉ	19,30	6,86	5,25	8,98	3,46	1,86
AMÉRICA	20,24	7,21	5,59	11,71	0,38	1,80
V. ALEGRE	16,22	5,95	5,05	8,67	13,79	1,83
URUCURITUBA	17,30	6,20	5,50	10,52	6,20	1,62
R. JAMARI	1,87	0,69	2,53	3,19	1,53	1,25
R. JIPARANÁ	4,06	1,95	3,33	3,04	1,58	0,90
R. ARIPUANÁ	4,15	1,88	5,48	16,72	10,91	1,77
Janeiro (1985)						
P. VELHO	17,21	6,55	3,13	4,94	1,23	0,66
HUMAITÁ	15,83	5,54	3,32	5,54	1,48	0,60
FATIMA	16,30	5,73	3,29	5,60	1,58	0,57
MANICORÉ	17,30	6,31	3,26	5,92	1,56	0,67
AMÉRICA	14,63	5,21	2,85	5,30	1,45	0,57
V. ALEGRE	15,34	5,49	3,41	6,49	1,96	0,63
URUCURITUBA	15,05	5,48	3,31	6,01	2,06	0,78
R. JAMARI	2,40	0,87	3,59	2,53	0,31	1,28
R. JIPARANÁ	6,46	3,02	6,53	4,68	1,28	2,05
R. ARIPUANÁ	3,64	4,76	4,76	4,03	1,70	1,60

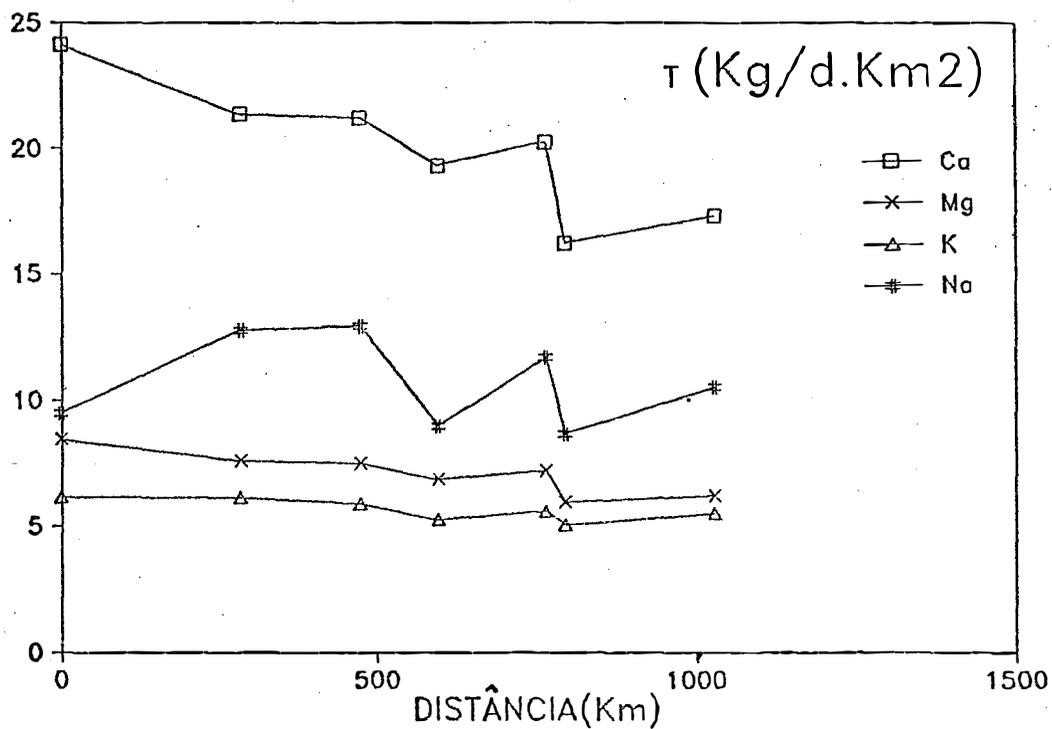


Figura 32 - Variação espacial no transporte de Cálcio, Magnésio, Potássio e Sódio, para o canal principal do rio Madeira, desde Porto Velho até Urucurituba, em abril de 1984.

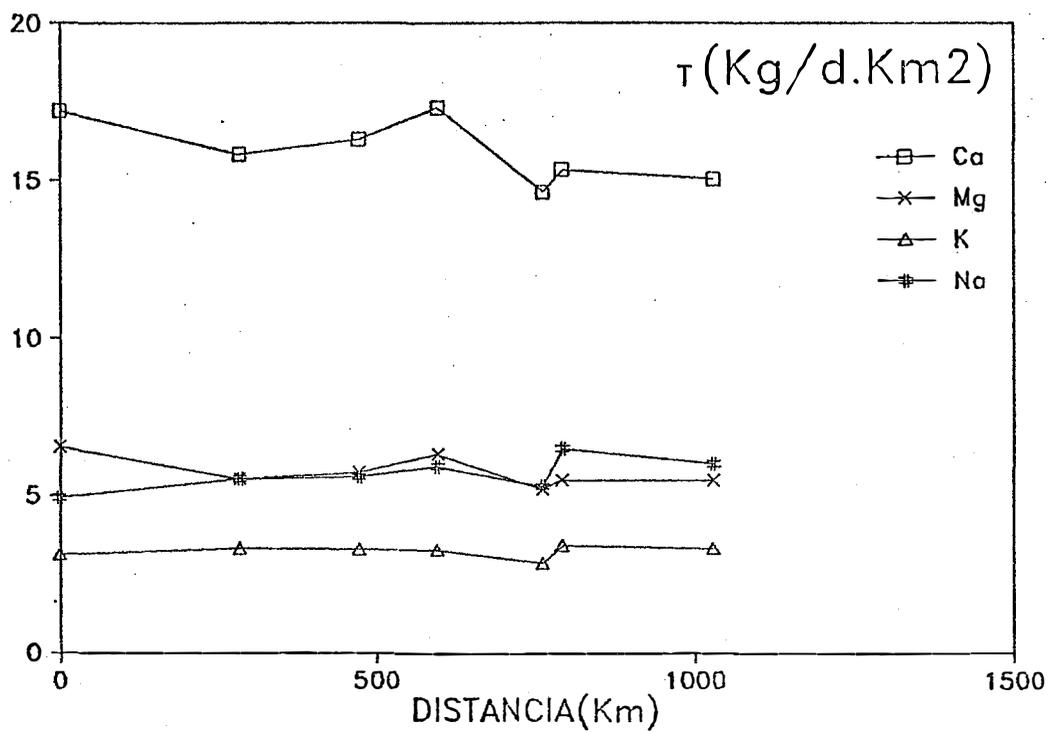


Figura 33 - Variação espacial no transporte de Cálcio, Magnésio, Potássio e Sódio, para o canal principal do rio Madeira desde Porto Velho até Urucurituba, em janeiro de 1986.

6. CONCLUSÕES

Através da análise crítica dos resultados obtidos, concluiu-se que:

a) Os tempos médios de residência da água da chuva estimados para as bacias de drenagem dos rios Madeira (Humaitã), Jiparanã (Tabajara) e Jamari (Foz), foram aproximadamente iguais e considerados em torno de 2 meses;

b) Durante a estação seca (meses de maio a setembro) os valores isotópicos de $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ apresentaram-se com valores mais positivos em comparação com a estação chuvosa (meses de dezembro a abril), efeito conhecido como "*amount effect*" ou efeito de quantidade;

c) A regressão linear simples obtida entre os valores de $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$, para as águas do rio Madeira e seus principais tributários, $\delta^2\text{H} = 8,3 \delta^{18}\text{O} + 12,9$, mostrou-se bem próxima à "*Reta Meteorica Mundial*", $\delta^2\text{H} = 8\delta^{18}\text{O} + 10$, sendo verificado dessa forma a não existência de perdas de água por evaporação direta;

d) A variação espacial de $\delta^{18}O$, analisada em relação ao canal principal do rio Madeira, apresentou um gradiente isotópico baixo, igual a $0,038^0/oo \delta^{18}O.100.km^{-1}$ e semelhantes para os dois períodos de amostragens;

e) As variações sazonais no transporte dos sedimentos em suspensão, para o canal principal do rio Madeira, foram relacionadas com a inclinação média da onda de cheia. As inclinações menores que a média causaram um decréscimo de sedimentos em suspensão à jusante, em virtude do armazenamento no leito do rio, ao passo que, inclinações superiores à média, acarretaram no aumento dos sedimentos transportados, devido a remobilização dos sedimentos armazenados;

f) Como consequência direta do item anterior, obteve-se para o canal principal, uma maior descarga dos sedimentos em suspensão, no período de janeiro de 1986 (2,85 milhões de toneladas por dia), em comparação com o período de abril de 1984 (1,85 milhões de toneladas por dia), devido as diferenças no nível das águas. Configurou-se, dessa forma, um maior transporte de sedimentos em suspensão durante o estágio de subida das águas do que no período de cheia;

g) Um padrão semelhante ao do canal principal, no transporte dos sedimentos em suspensão, ocorreu para os rios do interior do Estado de Rondônia. Os rios Comemoração e Jiparanã, ambos pertencentes a bacia do rio Jiparanã, apresentaram as maiores taxas de perda de sedimentos, cerca de 3,7 e 2,4 $kg.d^{-1}.km^{-2}$, para o período de outubro/novembro de

1984 e 2,0 e 1,1 $\text{kg.d}^{-1}.\text{km}^{-2}$, no período de agosto/setembro de 1985, respectivamente;

h) A evapotranspiração potencial estimada para o Estado de Rondônia, usando o equacionamento de Penman, modificado para condições de floresta tropical, apresentou um valor médio de 1.420 mm.a^{-1} ou $3,89 \text{ mm.d}^{-1}$, valor esse muito próximo ao obtido através do balanço hídrico regional, cuja evapotranspiração real foi de 1.338 mm.a^{-1} ou $3,67 \text{ mm.d}^{-1}$;

i) As diferenças obtidas entre as evapotranspirações reais estimadas, para as bacias dos rios Jiparanã e Jamari, com médias de $1.471,2 \text{ mm.a}^{-1}$ ou $4,03 \text{ mm.d}^{-1}$ e $1.259,1 \text{ mm.a}^{-1}$ ou $3,45 \text{ mm.d}^{-1}$, respectivamente, sugerem padrões de variações sazonais distintos, embora um desmatamento mais intensivo ocorra na bacia do Jiparanã em comparação com a do Jamari, devido à curta série dos dados analisados; pouco pode ser associado a tal efeito;

j) O rio Madeira apresentou-se rico em espécies iônicas dissolvidas, devido o posicionamento das suas nascentes em região andina, carreando maior quantidade de material sólido dissolvido, enquanto que os rios do interior do Estado de Rondônia mostraram-se relativamente pobres;

l) De uma maneira geral, dos rios do interior do Estado de Rondônia, somente o Jarú e o Jiparanã apresentaram concentrações de íons dissolvidos acima do esperado. Tal ocorrência, associada à geologia

predominante dessas bacias, apresentando litologia com alto grau de intemperização, está aliada às maiores taxas de desmatamento do Estado. O mesmo padrão de comportamento foi observado no transporte dos nutrientes Ca, Mg, Na e K, apenas com a inclusão do rio Jamari;

m) Na variação espacial do transporte de nutrientes no canal principal do rio Madeira, observou-se a ordem decrescente $Ca > Na > Mg > K$, com gradiente negativo no sentido da foz para o Ca, o mesmo não acontecendo com os demais nutrientes;

n) Finalmente, pode ser concluído que, de acordo com as metodologias empregadas e análise criteriosa dos dados obtidos, até então inéditos para a região, foi possível caracterizar biogeoquimicamente os principais rios do Estado de Rondônia. Alguns dos parâmetros analisados, já permitem verificar influências antropogênicas na região, porém com algumas restrições. Deve ser levado em conta que, o presente trabalho marca o início das atividades de pesquisa na região e servirá de base para o planejamento de outras pesquisas mais localizadas, possivelmente ao nível de microbacias, tornando possível dessa forma acompanhar o desenvolvimento da região, com o suporte científico necessário para manter sob controle o equilíbrio dinâmico do ecossistema.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola. *Aptidão Agrícola das Terras de Rondônia*. Brasília, 1980. 82p.

BITTENCOURT, A.V.L. Sólidos hidrotransportados na bacia hidrográfica do rio Ivai: aplicação de balanços hidrogeoquímicos na compreensão da evolução dos processos da dinâmica externa. São Paulo, 1978. 201p. (Doutorado - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).

CRAIG, H. Standard for reporting concentrations of deuterium and oxygen-18 in natural waters. *Science*, Washington, 133:1833-4, 1961a.

CRAIG, H. Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, Washington, 133:1702-3, 1961b.

EPSTEIN, S. & MAYEDA, T. Variation of ^{18}O content of water from natural sources. *Geochim. Cosmochim. Acta*, New York, 4:213-24, 1953.

- FEARNSIDE, P.M. Desmatamento na Amazônia Brasileira: com que intensidade vem ocorrendo? *Acta Amazônica*, 12:579-90, 1982.
- FITTKAU, E.J. Ökologische Gliederung des Amazonas gebietes auf geochemisches Grundlage. *Forsch Geol. Palaontol.*, Münster, 20:35-50, 1971.
- FURCH, K. Water chemistry of the Amazon Basin: the distribution of chemical elements among freshwater. In: SIOLI, H., ed. *The Amazon limnology and Landscape Ecology of a might Tropical River and its Basin*. Dordrecht, Dr. W. JUNK Publishers, p.167-200, 1984.
- FRIEDMAN, I. Deuterium content of natural waters and other substances. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, New York, 4:89-103, 1953.
- FRITZ, P. River waters. In: GAT, J.R. & GONFIANTINI, R., eds. *Stable Isotope Hydrology: Deuterium and Oxigen-18 in the Water Cycle*. Tech. Rep. Ser. n° 210, IAEA, Vienna, p.177-210, 1981.
- GIBBS, R.J. The geochemistry of the Amazon river system: part I. The factors that control the salinity and the composition and concentration of the suspended solids. *Geol. Soc. Am. Bull.*, Washington, 78:1203-32, 1967.
- GIBBS, R.J. Water chemistry of the Amazonas river. *Geochim. Cosmochim. Acta*, New York, 36:1061-6, 1972.

GOLLEY, F.B.; Mc GINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G.I.; DUEVER, M.J.
Ciclagem de Minerais em um Ecossistema de Floresta Tropical Úmida.
Trad. E. MALAVOLTA, Universidade de São Paulo ed., São Paulo. 256p.
1978.

GONÇALVES, A.R.L. Determinação do tempo de residência da água de chuva
em algumas bacias hidrográficas através de valores de isótopos estáveis.
Piracicaba, 1979. 106p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Mapa Cartográfica do
Estado de Rondônia, Divisão política, 1982.*

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. *Mapa de Alteração da
Cobertura Vegetal Natural.* Departamento de Economia Florestal,
Brasília, 1985.

JUNK, W.J. & FURCH, K. Química da água e macrófitas aquáticas de rios e
igarapês na Bacia Amazônica e nas áreas adjacentes. Parte I: Trecho
Cuiabá-Porto Velho-Manaus. *Acta Amazônica*, Manaus, 10(3):611-633,
1980.

MATSUI, E.; SALATI, E.; FERRAZ, E.S.B. Medidas da variação natural da
relação D/H em amostras de água. *Boletim Científico nº 1*, CENA,
Piracicaba, 1971. 21p.

MATSUI, E. A simple method using a disposable syringe to prepare samples
for $\delta^{18}\text{O}$ measurements in water samples. *Anal. Chim. Acta*, Amsterdam,
120:423-25, 1980.

- MEADE, R.H.; NORDIN JR., C.F.; CURTIS, W.F.; RODRIGUES, F.M.C.; VALE, C.M. do; EDMOND, J.M. Sediment loads in the Amazon river. *Nature*, London, 278:161-3, 1979.
- MEADE, R.H.; DUNNE, T.; RICHEY, J.E.; SANTOS, U.M.; SALATI, E. Storage and remobilization of suspended sediment in the lower Amazon river of Brazil. *Science*, Washington, 228:488-90, 1985.
- MORTATTI, J.; SALATI, E.; VICTÓRIA, R.L.; RIBEIRO, M.N.G. Analysis of the isotopic behavior of hydrogen and oxygen of water in the main channel of the river Solimões/Amazon. In: DEGENS, E.T., ed. *Transport of Carbon and Minerals in Major World Rivers*. Part 3. SCOPE/UNEP, Hamburg, Heft 58:259-66, 1985.
- OMETTO, J.C. *Bioclimatologia Vegetal*, São Paulo, Agronômica Ceres, 1981. 425p.
- PROJETO RADAMBRASIL. *Folha SC-20 Porto Velho*. Rio de Janeiro, Ministério das Minas e Energia, 1978. 668p. (Levantamento de recursos naturais, 16).
- RICHEY, J.E. The Amazon river system. A biogeochemical model. In: DEGENS, E.T., ed. *Transport of Carbon and Minerals in Major World Rivers*. Part 1, SCOPE/UNEP, Hamburg, Heft 52:365-78, 1982.
- RICHEY, J.E.; MEADE, R.H.; SALATI, E.; DEVOL, A.L.; NORDIN JR., C.F.; SANTOS, U.M. Water discharge and suspended sediment concentration in the Amazon river: 1982-1984. *Water Resour. Res.*, Washington, 22(5):756-64, 1986.
- SALATI, E. & RIBEIRO, M.N.G. Floresta e Clima. *Supl. Acta Amazônica*, Manaus, 9(4):15-22, 1979.

- SALATI, E.; LOVEJOY, T.; VOSE, P.B. Precipitation and water recycling in tropical rain forests with special reference to the Amazon basin. *The Environmentalist*, Lausanne, 3(1):67-71, 1983.
- SALATI, E. & VOSE, P.B. Amazon basin: A system in equilibrium. *Science*, Washington, 225:129-138, 1984.
- SANCHEZ, P.A.; VILLACHICA, J.H.; BANDY, D.E. Soil fertility dynamics after clearing a tropical rain forest in Peru. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 47(6):1171-8, 1983.
- SANTOS, R.D. dos; LEPRUN, J.C.; CERRI, C.C. Interpretações pedológicas da composição das águas de percolação em diferentes solos do Estado de Rondônia. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Belém, 1985. *Anais*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- SCHMIDT, G.W. Amounts of suspended solids and dissolved substances in the middle reaches of the Amazon over the course of one year. (August, 1969 - July, 1970). *Amazoniana*, Kiel, 3(2):208-223, 1972.
- SIOLI, H. Hydrochemistry and geology in the Brazilian Amazon region. *Amazoniana*, Kiel, 1(3):267-277, 1968.
- STALLARD, R.F. & EDMOND, J.M. Geochemistry of the Amazon. 2. The influence of geology and weathering environment of dissolved load. *J. Geoph. Res.*, Washington, 88:9671-88, 1983.

VELHO, O. Porque se migra na Amazônia? *Ciência Hoje*, São Paulo, 2(10):34-9, 1984.

VILLA NOVA, N.A.; SALATI, E.; MATSUI, E. Estimativa da evapotranspiração na Bacia Amazônica. *Acta Amazônica*, Manaus, 6(2):215-228, 1976.

VITOUSEK, P.M. The effects of deforestation on air, soil and water. In: BOLIN, B. & COOK, R.B., ed. *The Major Biochemical Cycles and their Interactions*. New York, John Wiley & Sons, 1983. Cap. 7, p.223-45.