

ERRATA

- Pag. 8: 2º parágrafo; 3ª linha: detritívoras - detritívoros.
- Pag. 43: 1º parágrafo; 1ª linha: alguns grupos - algumas ordens.
representados - representadas.
- Pag. 55: 3º parágrafo; 2ª linha: pesados - leves.
- Pag. 61: 3º parágrafo; 8ª linha: retirar a palavra eurípagas.
- Pag. 69: 1º item; 3ª linha: Crysophytas - Chrysophtas.

Tese:

"Estudo do Regime Alimentar de Peixes Detritívoros da Bacia do
Rio Jacaré Pepira"

Mônica Maria Vaz

V477e

17088/BC

Endereço para correspondência:

Mônica Maria Vaz

Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC

Setor de Recursos da Água

Av. José Cândido da Silveira, 2000

Cidade Nova - Belo Horizonte (MG)

CEP: 31170 Tel: (031) 486.1000 R: 333

Orientador: Prof. Dr. Miguel Petrere Jr.

Universidade Estadual Paulista - UNESP

Departamento de Ecologia

Caixa Postal: 199 Rio Claro (SP)

CEP: 13500 Tel: (0195) 34.0244 R: 30

V477e

17088/DC

Universidade Estadual de Campinas



Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida pelo(a) candidato a)

Mônica Maria Vaz

e aprovada pela Comissão Julgadora.

OMP/MS, 23/6/92

" ESTUDO DO REGIME ALIMENTAR DE PEIXES DETRITÍVOROS DA BACIA DO RIO JACARÉ PEPIRA (SP) ".

Mônica Maria Vaz

Orientador: Prof. Dr. Miguel Petrere Jr. *

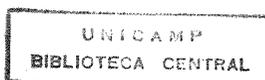
Tese apresentada à Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, na área de Ecologia.

Campinas/SP

1992

T/UNICAMP
V477e

17088



BC 9219385

A meus queridos pais
e "irmãozinhos".

o AGRADecIMENTOS:

Meus sinceros agradecimentos às seguintes pessoas e instituições que contribuíram para que este trabalho fosse realizado:

- À Fundação de Desenvolvimento da Universidade Paulista, FUNDUNESP, pelo apoio financeiro ao projeto executado.
- À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior, CAPES, pela bolsa de estudo.
- À Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, CETEC, pelas facilidades a mim concedidas.
- À Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, pelo uso de suas dependências no desenvolvimento do trabalho.
- Ao Prof. Dr. Miguel Petrere Jr. pela orientação, conselhos, ajuda e amizade.
- Aos Profs. Drs. Antônio A. Mozeto (UFSCar - SP), Carlos A. R. M. Araujo-Lima (INPA - AM), Francisco Braga (UNESP - SP) e Luís A. Martinelli (CENA - SP) pela leitura da tese e sugestões dadas durante a fase de pré-banca.
- Ao Prof. Francisco Langeani Neto, UNESP de São José do Rio Preto, pela identificação das espécies de peixes.
- Ao Prof. Dr. Antônio Camargo, UNESP de Rio Claro, por empréstimo de reagentes e material de campo.
- À Prof. Dra. Ângela Vaz Leão pela revisão do texto.
- Ao Prof. Dr. Geraldo Eustáquio Tôrres (*in memoriam*) que me iniciou no trabalho com peixes.
- Aos Profs. Wesley e Ismael, Departamento de Zoologia da UNICAMP, pelo empréstimo de sala e microscópio. Aos

funcionários desse Departamento pela ajuda, empréstimo de material e apoio técnico.

- Ao Centro de Energia Nuclear da Agricultura, CENA, especialmente aos pesquisadores e funcionários da Seção de Hidrobiologia e Isótopos Estáveis, pelas análises de isótopos de carbono.
- À equipe da Polícia Florestal de Brotas (SP), especialmente ao Sargento Porfírio e aos Soldados Traina e Guedes, pela grande ajuda na coleta dos dados no campo.
- Aos pesquisadores da Casa da Agricultura de Brotas pelo empréstimo do laboratório, e em especial à Albertina por sugestões no preparo de amostras.
- Aos moradores da cidade de Brotas (SP) que me apoiaram e ajudaram no trabalho de campo: Sandra, Rose, Dalva, Nataniel, Sérgio e em especial ao Nivaldo. Aos pescadores Pedrão e Sr. Antônio pela grande ajuda na pesca na represa de Ibitinga.
- Aos colegas do CETEC pelo apoio durante as etapas finais do trabalho, em especial à Helena e à Patrícia.
- A dois grandes amigos: "Dodora" e "Zé Eugênio" pelas valiosas sugestões, apoio e amizade durante o desenvolvimento do trabalho.
- Aos amigos Fabinho, Bel, Soninha, Vanilde, Priscila, Fernando, Monique, Oscar, Helinho, Cíntia, Zé Emílio, Flávio, Sebaka, Jary, Éder, Fridão, Lili, Augusto, Fátima, Marcos, Waltinho, Kátia, Mônica e Leléia pela companhia, sugestões e amizade.
- Agradeço, ainda, às pessoas, que direta ou indiretamente, colaboraram para que este trabalho fosse realizado.

o RESUMO:

Neste trabalho analisou-se a dieta de peixes detritívoros em quatro ambientes distintos da bacia do rio Jacaré Pepira, nas épocas de chuva e seca do ano de 1990. A bacia está situada na região central do Estado de São Paulo - Brasil (47°55'W e 22°30'S). Foram detectadas duas ordens de peixes que se alimentam de detritos: os Characiformes e os Siluriformes.

Para a determinação da dieta desses peixes foram usadas duas metodologias: (i) - análise direta do conteúdo estomacal por microscópio; e (ii) - uso de isótopos estáveis de carbono. O conteúdo estomacal mostrou o que o peixe havia ingerido quando capturado; e o isótopo ^{13}C indicou o que estava sendo assimilado a longo prazo.

As análises do conteúdo estomacal dos peixes mostraram que grande parte deste se constituiu de material amorfo não identificável. Dos itens identificáveis, as algas da classe Chrysophytas foram predominantes na maioria dos estômagos analisados.

A análise isotópica sugeriu que os peixes capturados na região de fortes corredeiras tinham como principal fonte alimentar o perifíton. Na represa de Ibitinga, a principal fonte de carbono para os peixes detritívoros foi o COP (carbono orgânico particulado). Para alguns exemplares de peixes da ordem dos Characiformes, em determinadas regiões, a análise de ^{13}C não

detectou a principal fonte alimentar, com valores isotópicos mais negativos que as fontes amostradas. Sugere-se que esses indivíduos estejam explorando uma fonte alternativa de alimentos, ou seja, bactérias quimioautotróficas que podem estar presentes no sedimento desses corpos d'água.

As análises de ^{13}C mostraram a existência de diferenças regionais na alimentação dos peixes detritívoros, sendo que esta metodologia se revelou mais adequada para a detecção das principais fontes alimentares dos peixes capturados.

As plantações de cana de açúcar, uma cultura predominante nessa região do Estado de São Paulo, parecem ter pouca influência na dieta dos peixes detritívoros capturados na bacia do rio Jacaré Pepira. Para a obtenção de melhores resultados, sugere-se a análise simultânea de mais de um tipo de isótopo estável.

o ABSTRACT:

In this work it was analyzed the detritivorous fishes diet in four distinct ambients in the Jacaré Pepira River Basin, during the wet and dry seasons in 1990. This Basin is located in the State of São Paulo - Brazil (47°55'W and 22°30'S). Two detritivorous fishes orders were detected: the Characiformes and Siluriformes.

For the determination of fishes diet two methodologies were used: (i) - direct analysis of stomach content using microscope observations; (ii) - the determination of the carbon isotopic content ($\delta^{13}\text{C}$). The stomach content showed what the fish had ingested when it was caught, and the isotopic analysis indicated what has been assimilated in a long term.

The stomach content analysis of the fishes showed that a large part of it was formed by non-identified material. Among the identified items the algae class of Chrysophytas was the predominating one.

The isotopic analysis of the fishes caught in the rapid flow stream suggested that the periphyton was its main food source. In the Ibitinga Reservoir the main carbon source for the detritivorous fishes was probably the POC (particulate organic carbon). In some ambients, for some fishes of the Characiformes order, the isotopic analysis did not detect the principal food source, presenting ratios of the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ more negative than the

source sample. This suggests that they are exploring an alternative food source which can be the autotrophic bacterias that may be present in the water sediments.

The detritivorous fishes did not present seasonal differences in their diet, but ambiental differences. These differences were determined by isotopic analysis, and this methodology was more adequate for detection of the principal carbon sources of the analyzed fishes.

The sugar cane plantations are the predominant culture in this part of the State of São Paulo, and they seem to have little influence on the detritivorous fishes diet in this basin. For better results, it is suggested the simultaneous analysis of more than one kind of stable isotopes.

- SUMÁRIO -

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES.....	9
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
3.1. Seleção das Regiões de Amostragem.....	12
3.2. Períodos de Estudo.....	12
3.3. Amostragem de Peixes.....	12
3.4. Dissecção do Trato Digestivo.....	14
3.5. Seleção das Possíveis Fontes Alimentares.....	15
3.6. Preparo de Amostras e Determinação dos Valores de $\delta^{13}\text{C}$	16
3.7. Tratamento Estatístico dos Dados.....	19
3.7.1. Conteúdo Estomacal.....	19
3.7.2. Isótopo.....	20
4. RESULTADOS.....	22
4.1. Biometria das Espécies de Peixes Detritívoros.....	22
4.2. Conteúdo Estomacal.....	25
4.2.1. Material Amorfo e Índices de Diversidade.....	25
4.2.2. Itens Alimentares.....	27
4.3. Isótopo.....	36
4.3.1. COP (Carbono Orgânico Particulado).....	36
4.3.2. Perifíton.....	37
4.3.3. Sedimento.....	38
4.3.4. Macrófitas, Gramíneas C_3 e C_4 e Vegetação Terrestre.....	39
4.3.5. Peixes.....	41

5. DISCUSSÃO.....	48
5.1. Conteúdo Estomacal.....	48
5.1.1. Índices de Diversidade.....	48
5.1.2. Itens Alimentares.....	49
5.2. Isótopo.....	50
5.2.1. COP (Carbono Orgânico Particulado).....	50
5.2.2. Perifíton.....	51
5.2.3. Sedimento.....	52
5.2.4. Macrófitas, Gramíneas C ₃ e C ₄ e Vegetação Terrestre.....	53
5.2.5. Peixes.....	54
5.3. Conteúdo Estomacal X Isótopo.....	60
5.4. Problemas Metodológicos.....	62
5.5. Sugestões.....	66
6. CONCLUSÕES.....	69
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

1. INTRODUÇÃO:

Uma das principais linhas de pesquisa ecológica nos últimos anos é a de fluxo da matéria através da cadeia alimentar de detritos (Bowen, 1984). O sedimento é a fração do ecossistema aquático que apresenta a maior concentração de nutrientes, funcionando como reservatório para o resto do ambiente (Esteves, 1988).

O sedimento de ecossistemas aquáticos tem duas fontes principais de carbono: uma autóctone e outra alóctone. A autóctone é representada pelas macrófitas e pelo carbono orgânico particulado (COP) que pode ser constituído pelo fitoplâncton, vivo ou morto, e por detritos de diversas origens. A alóctone é proveniente do material terrestre que circunda o ambiente, e tem como constituinte principal a vegetação - madeira, folha, pólen, frutos e sementes (Martinelli *et al.*, 1988).

Grande fração dos recursos alimentares de rios e pequenos lagos provém da matéria orgânica alóctone carregada para a água (Pomeroy, 1980; Moss, 1988; e Wootton, 1990). Em pequenas correntes cobertas por matas, a contribuição terrestre pode chegar a 99% (Pomeroy, 1980).

Na cabeceira de rios, a cadeia de detritos é fortemente baseada no material alóctone, enquanto que nas partes mais baixas dos cursos d'água, o detrito origina-se principalmente da decomposição de macrófitas aquáticas e plâncton. Isso sugere a

importância de recursos alimentares alóctones nas cabeceiras, os quais são substituídos pelos de fontes autóctones planctônicas e bentônicas quando o rio se alarga e aprofunda. Nas regiões mais baixas, o acúmulo de lama no fundo aumenta o número de espécies que se alimentam nesse ambiente (Lowe-McConnell, 1987; e Schäfer, 1985).

Em lagos com regiões sombreadas ou em rios com fluxo vagaroso, as macrófitas podem ser as principais colaboradoras para a formação dos detritos. Nos rios, as inundações estacionais geralmente controlam o ciclo de crescimento e declínio de macrófitas. Na água doce, as grandes populações fitoplanctônicas em rápido crescimento podem ser as principais produtoras de detritos (Pomeroy, 1980).

Os peixes são elementos importantes em quase todos os ambientes aquáticos. Eles constituem uma das principais razões pelas quais o homem tem se interessado por esses ecossistemas (Margalef, 1983). Muitos dos conhecimentos atuais sobre a auto-ecologia, a produção e a função ecológica das populações de peixes se originaram de estudos sobre os regimes alimentares, baseados na análise de conteúdos estomacais (Windell & Bowen, 1978). Essa análise é uma prática comum no estudo da ecologia de peixes (Hyslop, 1980) e tem como um dos principais objetivos determinar a natureza da dieta de uma espécie (Windell, 1971).

As análises da dieta de peixes de um determinado corpo d'água podem dar indícios da estrutura da sua comunidade.

Essas análises, quando efetuadas em períodos diferentes do ano, podem revelar diferenças sazonais, locais e ontogenéticas, tanto interespecíficas quanto intraespecíficas (Greger & Deacon, 1988).

Os peixes podem ser classificados de acordo com seus hábitos alimentares em: detritívoros, onívoros, herbívoros e carnívoros. Dentro das duas últimas categorias eles podem ser caracterizados como: (1) Eurífagos, que têm um amplo espectro alimentar; (2) Estenófagos, que se alimentam de um limitado sortimento de itens alimentares e (3) Monófagos, que consomem somente um tipo de alimento (Moyle & Cech, 1988). Nas duas primeiras entretanto, essa classificação fica excluída. Entre elas a categoria que nos interessa é a dos detritívoros que, como o nome indica, se alimentam de detritos (Mann, 1975).

A maioria das comunidades de peixes nos sistemas de rios da América do Sul possuem altas proporções de peixes detritívoros das famílias Prochilodontidae e Curimatidae. A família Loricariidae, muitas vezes mencionada como detritívora (Quirós & Baigún, 1985), também se apresenta em grandes quantidades nessas regiões. Essas famílias incluem espécies importantes que, em algumas regiões, compõem 50% da ictiomassa da comunidade do local (Bowen, 1984).

A ecologia alimentar de peixes detritívoros é pouco conhecida, sendo esse hábito alimentar um dos menos estudados nos ambientes tropicais (Sazima e Caramaschi, 1989). Estudos sobre o comportamento, a estrutura das cadeias alimentares e as dietas

desses peixes nos diversos ambientes são de grande importância para a compreensão do fluxo da matéria orgânica nos ecossistemas.

A observação direta para a investigação do conteúdo estomacal têm sido o método tradicional de se determinar o alimento ingerido por esses animais, mas tal técnica, muitas vezes, não é operacional. As análises do conteúdo estomacal de peixes detritívoros geralmente apresentam um mosaico de itens alimentares, incluindo invertebrados, algas, bactérias, fungos e restos vegetais, com predominância de material não identificável. Todavia, não é claro o que é digerido e assimilado pelos peixes, e não é possível identificar qual é a principal fonte do carbono encontrado nos mesmos (Araujo-Lima et al., 1986). Além disso, uma grande parte do material ingerido, como macrófitas, algas filamentosas, perifíton e sedimento, parecem ser de difícil digestão para os vertebrados (Margalef, 1983).

Em alguns casos, marcadores isotópicos podem ser empregados para traçar redes tróficas em ecossistemas naturais onde interagem muitas espécies (Odum, 1983). Os elementos químicos carbono (C), nitrogênio (N), enxofre (S), hidrogênio (H) e oxigênio (O) possuem mais de um isótopo. Os isótopos são definidos como átomos nos quais o núcleo contém o mesmo número de prótons, mas diferente número de nêutrons e podem ser divididos em estáveis e não estáveis (radioativos) (Hoefs, 1987). Os isótopos estáveis são muito úteis para a compreensão dos ciclos dos elementos nos ecossistemas, pois fornecem informações sobre as origens e transformações da matéria orgânica, podendo ser

detectados em diversos caminhos através da biosfera (Fry & Sherr, 1984; Peterson & Fry, 1987; Fry et al., 1978; e Kitting et al., 1984).

Os isótopos estáveis mais utilizados em estudos biológicos são ^{13}C e ^{15}N . A utilização destes isótopos baseia-se na determinação da relação $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ou $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ presente no material em estudo, ou seja, nas suas possíveis fontes e no seu produto (Martinelli et al., 1988).

O isótopo ^{13}C tem sido usado como um traçador efetivo do fluxo do carbono através das cadeias alimentares, oferecendo uma alternativa para os estudos sobre regime alimentar (Araujo-Lima et al., 1986). Essa técnica pode ser aplicada para revelar diferenças na dieta entre populações, indivíduos, classes de idade ou estações do ano (Haines & Montague, 1979).

Nos compostos que contêm carbono na natureza, grande parte é constituída por átomos de ^{12}C e uma pequena porção de ^{13}C . As abundâncias relativas desses dois isótopos no planeta é estimada em 98,9% de ^{12}C e 1,1% de ^{13}C (Margalef, 1983). Devido a processos químicos, físicos e biológicos, essas proporções podem ser ligeiramente alteradas, geralmente de maneira previsível. A maioria dos estudos ecológicos isotópicos expressa essa composição em termos de valores de δ :

$$\delta^{13}\text{C} = \left[\frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C}) \text{ amostra}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C}) \text{ padrão}} - 1 \right] \times 1.000\text{‰}$$

Uma vez que as variações naturais do isótopo ^{13}C são pequenas, a notação δ é expressa em partes por mil (‰). Como o δ é um número negativo para grande parte dos compostos de carbono biológicos reduzidos, isso indica que a relação ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) da amostra tem um valor sempre menor que o encontrado para o padrão (Fry & Sherr, 1984). O padrão comumente usado são as rochas calcárias da formação Peedee do Grand Canyon nos Estados Unidos (PDB). As amostras que possuem grande quantidade de ^{13}C são denominadas "mais pesadas" ou "menos negativas". Ao contrário, as que contêm menor quantidade desse elemento são denominadas "mais leves" ou "mais negativas" (Martinelli et al., 1988; e Araujo-Lima et al., 1986).

A utilização dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ como traçador do carbono ao longo da cadeia alimentar baseia-se na suposição de que o consumidor reflete isotopicamente a sua dieta. O emprego desses isótopos deve ter como premissa a existência de diferenças suficientemente grandes na composição isotópica dos compostos que participam do processo em estudo, frente à sensibilidade analítica dos espectrômetros de massa. Isto implica que o estudo dos isótopos de carbono só é possível se houver diferença na composição isotópica das fontes estudadas, baseando-se na comparação entre os valores de $\delta^{13}\text{C}$ das fontes e o valor de $\delta^{13}\text{C}$ do produto final (Martinelli et al., 1988).

Observou-se que várias espécies de plantas têm um valor de $\delta^{13}\text{C}$ próximo a -27‰ (plantas C_3), enquanto outras espécies possuem estes valores ao redor de -12‰ (plantas C_4).

Dessa forma, essas plantas apresentam um fracionamento isotópico em relação ao ar atmosférico, que possui esses valores em torno de $-7.4^{\circ}/\text{‰}$ (Peterson & Fry, 1987). Tais diferenças nos valores isotópicos entre as plantas foram explicadas por discriminações enzimáticas de ^{13}C , durante a fotossíntese, ou seja, as plantas discriminam o $^{13}\text{CO}_2$ enquanto assimilam o carbono na fotossíntese (Smith & Epstein, 1971; e O'Leary & Osmond, 1980). Estudos isotópicos demonstraram que plantas C_4 (que fixam o CO_2 atmosférico pelo ciclo de HATCH-SLACK), apresentam valores menos negativos que plantas C_3 (que fixam o CO_2 atmosférico pelo ciclo de CALVIN). Esses padrões encontrados nas composições isotópicas das plantas, tornaram-se um mecanismo convencional para se distinguir estes dois grupos de plantas. Os grupos de plantas C_3 são aqueles que têm valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -35 e $-20^{\circ}/\text{‰}$ e plantas C_4 com esses valores entre -14 e $-9^{\circ}/\text{‰}$ (Ehleringer & Rundel, 1988).

As plantas aquáticas e algas têm uma ampla faixa de valores de $\delta^{13}\text{C}$. As algas normalmente possuem esses valores variando entre -24 e $-12^{\circ}/\text{‰}$, não sendo possível fazer correlações gerais com a filogenia ou morfologia da alga (Smith & Walker, 1980). Esteves (1988) e LaZerte (1983) discutem que, para o fitoplâncton, existem diferentes vias de assimilação fotossintética, sendo a maioria do tipo C_3 . Smith & Epstein (1971) colocam as algas em um grupo à parte entre as plantas C_3 e C_4 . Quanto ao sedimento, os valores isotópicos encontrados dependem do material que o compõe, já em decomposição.

Neste trabalho será estudado o regime alimentar dos peixes no rio Jacaré Pepira, que se localiza na parte central do Estado de São Paulo e é considerado o único afluente da margem direita do rio Tietê que ainda não está seriamente poluído. Já foram realizados alguns trabalhos sobre a bacia desse rio. Maier (1983) estudou a bacia nos seus aspectos geológicos, climáticos e limnológicos. Barrella (1989) comparou a comunidade de peixes da bacia em diferentes biótopos.

O objetivo do presente trabalho é contribuir para os conhecimentos sobre o rio Jacaré Pepira, determinando as principais fontes alimentares das espécies de peixes detritívoras que residem nessa bacia. Para isso, foram usadas duas metodologias distintas: o clássico exame direto do conteúdo estomacal através de microscópio, e uma metodologia mais recente, que consiste no emprego de isótopos estáveis do carbono. Para as análises isotópicas, os peixes foram considerados como o produto final. O sedimento e os prováveis itens que o compõem, como o COP, o perifíton, as macrófitas e a vegetação terrestre em volta do local, foram considerados como fontes. Através deste estudo, será possível compararmos as duas metodologias e ainda estabelecermos as fontes de carbono para os peixes e suas variações em quatro regiões da bacia do rio Jacaré Pepira.

2. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES:

A bacia do rio Jacaré Pepira está situada no centro do Estado de São Paulo e possui uma área de 2.612 km² (Figura 1), inserindo-se na bacia do rio Paraná. O rio Jacaré Pepira nasce no município de São Pedro, na Serra de Itaqueri, na altitude de 960m (47°55'W e 22°30'S). Com um percurso total de 174km, ele deságua na margem direita do rio Tietê, nas imediações do município de Ibitinga (SP) (48°55'W e 21°55'S), a aproximadamente 400m de altitude (Maier, 1983).

Em janeiro/90, foi efetuada uma viagem de quatro dias à bacia do rio Jacaré Pepira, para reconhecimento da área e escolha das regiões a serem estudadas. Foram determinadas quatro regiões para estudo, com diferentes velocidades de corrente no rio acima mencionado. Isto se deve ao conhecimento do fato de que os rios oferecem diferentes oportunidades para separação de espécies por tipos de *habitat*, devido a diferenças nas velocidades de correntes (Chapman, 1966; e Patrick, 1975).

A primeira região (R I) estudada localiza-se em uma planície, antes da cidade de Brotas, onde passa a estrada que liga esse município e o de Torrinha. Esse ponto distingue-se por apresentar uma grande área inundada, com formação de várias lagoas. A parte central da planície é atravessada pelo canal principal do rio. Assim, esse ponto apresenta uma região de corrente com velocidade média, e de lagoas rasas pantanosas com águas paradas. A vegetação em volta do local é caracterizada pela

presença de diversas espécies de gramíneas e arbustos esparsos. As lagoas dessa região possuem grandes quantidades de macrófitas emersas e submersas em suas águas.

A segunda região (R II) é um trecho de corredeiras rápidas, com turbulência e o terreno inclinado, formando cachoeiras e cascatas. Essa área começa em Brotas, após uma pequena represa, e se estende por aproximadamente 15km. Nesse local, o rio possui uma estreita camada de mata ciliar em suas margens, seguida por pastos e campos, com cultura principalmente de cana de açúcar.

A terceira região (R III) inicia-se logo após as corredeiras. É um trecho longo, onde o rio corre normalmente, sem declives pronunciados. Nessa região, o rio apresenta, ao longo do seu percurso, lagoas marginais esparsas, paralelas à corrente principal. As lagoas apresentam correntes com velocidade lenta, enquanto, no canal principal do rio, a velocidade é rápida. Nesse trajeto, o rio passa pelos municípios de Dourado e Bocaina. A vegetação nessa área é semelhante à de R II, com estreita camada de mata ciliar seguida de pastos e agricultura.

A quarta região (R IV) é a represa de Ibitinga, que se localiza próxima ao município que lhe dá o nome. Nesse local, ocorre o encontro do rio Jacaré Pepira com o rio Tietê. A velocidade da corrente, no momento das coletas, se apresentava lenta. Em volta da represa, a vegetação predominante é de pasto e agricultura de diversas gramíneas, com algumas árvores esparsas.

Às margens da represa, existem grandes quantidades de macrófitas.

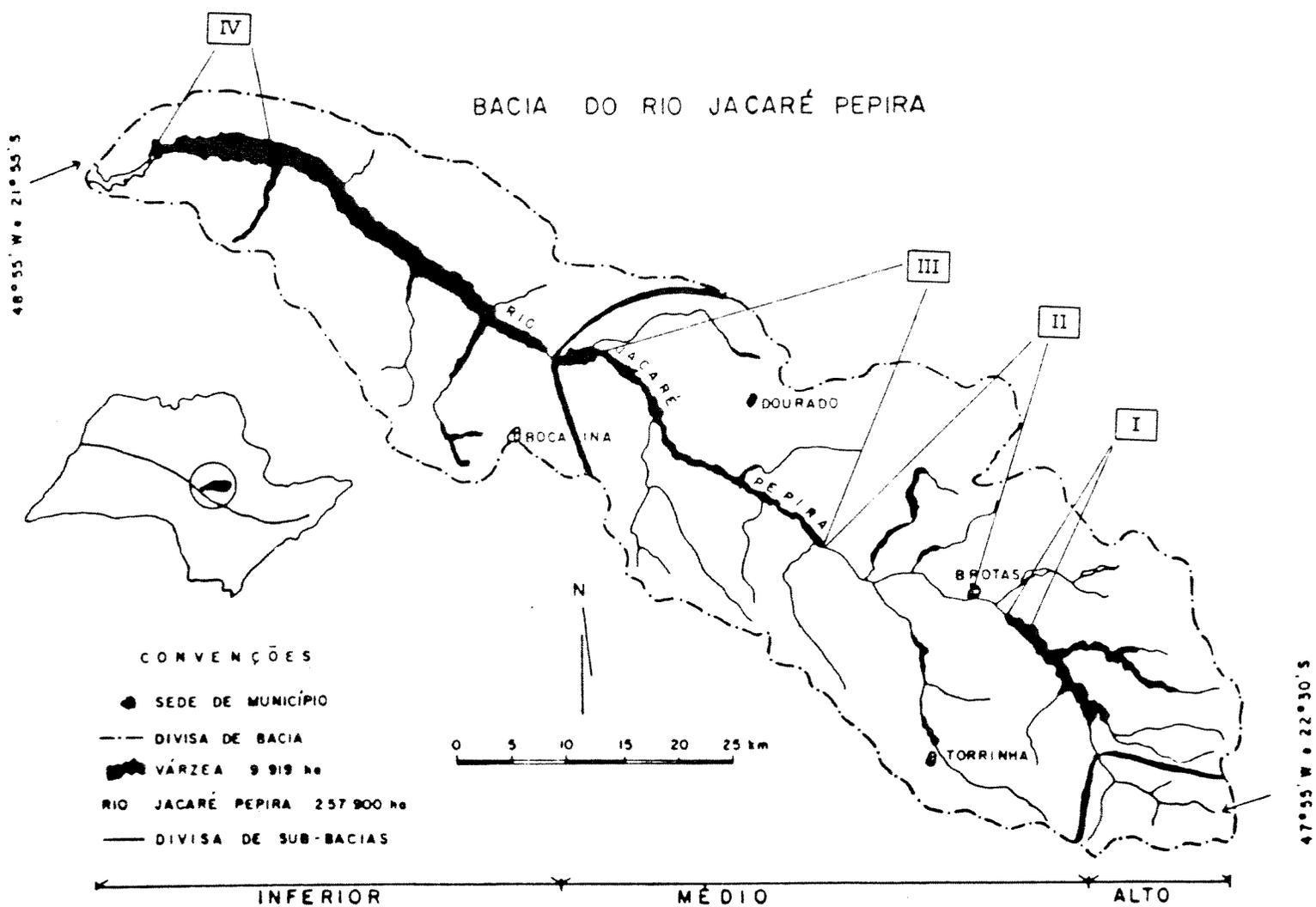


Figura 1: Localização da bacia do rio Jacaré Pepira, no Estado de São Paulo, e dos municípios que ela compreende. Os algarismos romanos dentro dos retângulos referem-se às quatro regiões estudadas. Mapa modificado de Maier & Tolentino (1986).

3. MATERIAIS E MÉTODOS:

3.1. Seleção das Regiões de Amostragem:

As quatro regiões amostradas foram escolhidas de acordo com diferentes velocidades de corrente, determinadas pelo método de Gorman & Kar (1978 apud Barrella, 1989). Esse método apresenta cinco classificações de velocidade: parada (abaixo de 0.05m/s), lenta (0.05 - 0.2m/s), média (0.2 - 0.4m/s), rápida (0.4 - 1.0m/s) e muito rápida com turbulência (acima de 1.0m/s).

3.2. Períodos de Estudo:

A coleta dos peixes e das prováveis fontes alimentares foram realizadas em duas estações do ano, durante o período de chuva (fevereiro e março/90) e durante a época de seca (setembro e outubro/90). A coleta das plantas para as análises de carbono foi efetuada somente na época da cheia, visto que essas plantas não apresentam grandes variações isotópicas ao longo do ano (R. L. Victória, com. pessoal).

3.3. Amostragem de Peixes:

A coleta de peixes foi realizada com o auxílio de redes de pesca e tarrafas de vários tamanhos de malhas, medidos entre nós opostos (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14cm).

Esses aparelhos de pesca foram utilizados diferencialmente nos pontos de coleta, de acordo com as condições do local: velocidade da corrente e presença ou ausência de rochas. Foram selecionados para os estudos apenas os exemplares de peixes adultos.

Para cada peixe coletado, foram anotados os seguintes dados e adotadas as seguintes unidades de medida:

- comprimento total (CT, em cm), que é a medida horizontal da ponta do focinho à extremidade da nadadeira caudal;
- comprimento padrão (CP, em cm), que é a distância da extremidade do focinho ao fim da última vértebra;
- peso total do corpo (PT, em g).

Os peixes capturados foram identificados até espécie quando possível, utilizando-se das chaves de Britski (1973) e Géry (1977). Exemplares de cada espécie foram levados para a UNESP de São José do Rio Preto, para o Prof. Francisco Langeani Neto, visando à confirmação sistemática. Três exemplares de cada espécie foram fixados inteiros em formol a 10% e preservados em álcool a 70%. Esse material futuramente será depositado no museu da UNICAMP.

Os exemplares de peixes detritívoros capturados foram separados em duas ordens: Characiformes e Siluriformes. Os peixes pertencentes à ordem Characiformes e que são detritívoros pertencem às famílias Curimatidae (*Cyphocharax modestus* e *Stendachnerina insculpta*) e Prochilodontidae (*Prochilodus scrofa*). Os Siluriformes capturados pertencem à família Loricariidae, com

todos os indivíduos incluídos em sete espécies do gênero *Hypostomus*. Essas espécies ainda não foram identificadas, devido às dificuldades sistemáticas que esse grupo apresenta. As análises isotópicas e de conteúdo estomacal consideraram os peixes somente ao nível de ordem.

3.4. Dissecção do Trato Digestivo:

A cavidade abdominal dos peixes foi aberta e os estômagos separados e cortados, retirando-se os seus conteúdos. Armazenou-se o material coletado em vidros com tampas de polietileno de tamanhos apropriados, devidamente etiquetados e preservados em solução de álcool a 70% e formol a 5%. A Tabela 1 mostra as ordens de peixes encontradas em cada região, por épocas de estudo e os respectivos números de indivíduos capturados.

Tabela 1: Número de peixes capturados nos períodos de chuva e de seca, nas quatro regiões selecionadas do rio Jacaré Pepira (SP), classificados por ordem, para análise do conteúdo estomacal. Ano: 1990.

OR- DENS	PERÍODOS	CHUVA				SECA			
	REGIÕES	I	II	III	IV	I	II	III	IV
	CHARACIFORMES	10	02	13	06	10	06	13	10
	SILURIFORMES	00	15	04	01	00	20	10	00

O conteúdo estomacal de cada indivíduo foi examinado com o auxílio de um microscópio, da seguinte forma: uma gota do conteúdo estomacal foi colocada em uma lâmina simples de vidro e, em seguida, totalmente inspecionada para o estudo qualitativo da

amostra. Para o estudo quantitativo, os itens alimentares reconhecíveis foram contados em uma ou várias faixas da lâmina, dependendo da concentração do material. Fez-se uma estimativa percentual da quantidade de material amorfo na amostra (sedimento, restos vegetais e animais não identificáveis). Os itens alimentares foram identificados com a ajuda das chaves sistemáticas de Bourrely (1966 - 1972) para algas e de Edmondson (1959) e Strebe & Krauter (1987) no caso de outros grupos.

3.5. Seleção das Possíveis Fontes Alimentares:

Com base na visita de reconhecimento aos diferentes locais do rio Jacaré Pepira, verificou-se que o COP e o perifíton se constituíam em importantes fontes de carbono em todas as regiões escolhidas para o estudo. Em R I, além dessas fontes, observaram-se também grandes quantidades de macrófitas nas lagoas e de gramíneas cercando os corpos d'água. Nas margens de R II, constatou-se uma vegetação terrestre composta por gramíneas e mata. Já R III se parecia com R II quanto à vegetação terrestre. A represa de Ibitinga (R IV) possuía muitas macrófitas e gramíneas nas margens.

Assim, foram essas as possíveis fontes alimentares consideradas mais importantes para os peixes em cada região e coletadas para as análises isotópicas. Essas fontes foram escolhidas de acordo com a presença e a abundância de cada uma nos locais amostrados, já que, por essa razão, poderiam estar

influenciando no corpo d'água. O sedimento foi amostrado em todas as regiões, exceto em R II, pelo fato de o rio ter um leito rochoso.

3.6. Preparo de Amostras e Determinação dos Valores de $\delta^{13}\text{C}$:

As plantas coletadas nas margens e as macrófitas foram lavadas com água e com solução de HCl 1 N. Em seguida, foram enxaguadas várias vezes em água destilada, como descrito por Araujo-Lima *et al.* (1986). Essas plantas foram classificadas em macrófitas, gramíneas e plantas terrestres típicas da mata ciliar (vegetação arbórea). As gramíneas coletadas foram separadas em duas classes distintas, de acordo com os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados: gramíneas C_3 , com valores isotópicos entre -35 e $-20^\circ/\text{‰}$; e gramíneas C_4 , com valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -15 e $-10^\circ/\text{‰}$.

O COP foi coletado com redes apropriadas de $35\ \mu\text{m}$ de malha em dois ambientes distintos: corredeiras e lagoas. Essas amostras foram coletadas em arrastos horizontais, no centro do corpo d'água. Considerou-se como COP todo o material em suspensão na água, incluindo o fitoplâncton e o zooplâncton, vivos e mortos, e detritos de diversas origens, sendo uma média entre várias fontes de carbono. Isto foi feito devido à dificuldade existente de se separar amostras que contenham fitoplâncton puro.

As amostras de perifíton foram retiradas de raízes de macrófitas, folhas e galhos submersos. Em correntezas, com o

leito do rio rochoso, o perifíton foi coletado através da raspagem de pedras. Essas amostras englobaram não só as algas aderidas aos diferentes substratos, como também todos os detritos e a fauna perifítica que pudessem estar associados às algas.

A coleta de sedimento foi feita em remansos e lagoas com a utilização de um "corer". Esse instrumento consiste em um tubo de metal, que é empurrado para dentro do sedimento por queda livre. Apresenta uma válvula no topo, que evita a lavagem do sedimento, durante sua ascensão na coluna d'água (Wetzel & Likens, 1979). Essas amostras não foram tratadas com HCl.

Todas essas amostras foram transportadas resfriadas para o laboratório e congeladas, para posterior análise de carbono. Dos peixes, retiraram-se pedaços de músculo do dorso de cada exemplar, sem osso e sem pele. As amostras foram desidratadas a 60°C e enviadas para o CENA (Centro de Energia Nuclear para a Agricultura), em Piracicaba (SP), para análise do conteúdo de ^{13}C . A Tabela 2 mostra o número de indivíduos capturados por ordem de peixes detritívoros, em cada região, por época de estudo, para as análises isotópicas. E a Tabela 3, o número de amostras de cada fonte alimentar encontrada, nas mesmas regiões e épocas.

Para quantificar a composição isotópica $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, colocou-se a amostra em um tubo de vidro com óxido de cobre (CuO), que atua como doador sólido de oxigênio e garante a conversão do carbono orgânico em CO_2 gasoso. Após esse procedimento, os tubos

foram colocados em uma mufla por 12 horas à temperatura de 550° C, para oxidação total da matéria orgânica a CO₂ e água. Os tubos foram levados ao sistema de extração (purificação ou destilação criogênica) para transferência do CO₂ ao balão de amostras. A leitura dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ foi feita em espectrômetro de massa. Essa técnica foi utilizada segundo os procedimentos empregados internacionalmente e que estão descritos amplamente na literatura específica da área (e.g., Martinelli *et al.*, 1988).

Tabela 2: Número de peixes capturados nos períodos de chuva e de seca, nas quatro regiões selecionadas do rio Jacaré Pepira (SP), classificados por ordem, para análise de $\delta^{13}\text{C}$. Ano: 1990.

OR- DENS	PERÍODOS	CHUVA				SECA			
	REGIÕES	I	II	III	IV	I	II	III	IV
CHARACIFORMES		05	03	09	06	06	03	09	10
SILURIFORMES		00	13	04	01	01	10	04	02

Tabela 3: Número de amostras, de cada fonte alimentar, coletadas nos períodos de chuva e de seca, nas quatro regiões selecionadas do rio Jacaré Pepira (SP), para análise de $\delta^{13}\text{C}$. Ano: 1990.

FON- TES	PERÍODOS	CHUVA				SECA			
	REGIÕES	I	II	III	IV	I	II	III	IV
PERIFÍTON		02	05	02	04	02	03	02	02
COP - RIO		03	03	03	00	02	02	02	00
COP - LAGOA		03	00	03	02	02	00	02	03
SEDIMENTO		03	00	03	03	02	00	02	03
MACRÓFITAS		02	00	00	13	00	00	00	00
GRAMÍNEAS C ₃		02	02	02	03	00	00	00	00
GRAMÍNEAS C ₄		04	01	02	02	00	00	00	00
PLANTAS TERRESTRES		00	08	12	00	00	00	00	00

3.7. Tratamento Estatístico dos Dados:

Foram realizadas análises exploratórias dos dados, já que esses não apresentam um modelo *a priori*. Com esse procedimento procurou-se, através de comparações, reconhecer padrões entre os dados que coincidissem ou contrastassem, na busca de algum possível modelo que pudesse explicar as relações encontradas.

3.7.1. Conteúdo Estomacal:

Para as análises dos conteúdos estomacais, foram calculados índices de diversidade de Shannon-Wiener (Zar, 1984):

$$H' = \frac{(n \cdot \log n - \sum f_i \cdot \log f_i)}{n} \quad \text{onde:}$$

f_i = frequência encontrada para cada classe dos itens alimentares;

$$n = \sum f_i.$$

Esses índices foram calculados para cada peixe analisado, de acordo com os itens alimentares encontrados dentro dos estômagos. Com esses índices de diversidade, foram feitas as análises de variância - Anova two way (Cândido, 1991). Quando essas análises resultaram significativas, foi efetuado o teste *a posteriori* de Scheffé (Zar, 1984), para se determinar quais regiões apresentaram diferenças entre os conteúdos estomacais. Esse teste foi escolhido devido ao número diferente de replicações

entre as regiões e épocas.

O *taxon* utilizado para estes cálculos foi o de classe, tanto para algas como para animais, fungos e briófitas. Mesmo quando alguns organismos tenham sido identificados ao nível genérico, eles foram enquadrados na classe a que pertenciam e analisados em conjunto. Isto foi feito para se manter a consistência dos cálculos.

Foram construídos gráficos com a porcentagem de cada classe de itens identificáveis contados, para cada ordem de peixes detritívoros capturados. Desenharam-se esses gráficos para cada região, em cada época de estudo.

3.7.2. Isótopo:

Para verificar se havia diferenças entre as regiões amostradas e entre as duas épocas de coleta (seca e chuva), foram feitas análises de variância - Anova two way (Snedecor & Cochran, 1980; Sokal & Rohlf, 1981; Zar, 1984; Bower & Zar, 1984; e Vieira & Hoffmann, 1988). Quando as análises de variância resultaram significativas, as médias foram comparadas em um teste *a posteriori* de Scheffé, como descrito anteriormente.

Foram usadas estatísticas descritivas para mostrar os resultados dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para as diversas fontes e peixes analisados. Os valores calculados foram então

situados em gráficos do tipo "box plot" (Velleman & Hoaglin, 1981). Para isso, utilizou-se em cada grupo (ordens de peixes e fontes alimentares): o valor máximo e mínimo; a média; o intervalo de confiança da média; e o número de amostras analisadas em cada grupo.

O intervalo de confiança para cada grupo foi calculado através dos resultados das análises de variância (Zar, 1984):

$$\bar{x}_i \pm t_{\alpha(2), g1} \cdot \sqrt{\frac{s^2}{n_i}} \quad \text{onde:}$$

\bar{x}_i = média do grupo i em determinada região;

$t_{\alpha(2), g1}$ = valor tabelado de t com $P = 0.05$, usando-se o grau de liberdade do resíduo ($g1$);

s^2 = resíduo da análise de variância;

n_i = número de replicações para cada grupo, em determinada região.

As análises foram efetuadas em um microcomputador, com a ajuda do pacote estatístico e gráfico: SYSTAT / SYGRAPH (Versão 5.0, Wilkinson, 1990).

4. RESULTADOS:

4.1. Biometria das Espécies de Peixes Detritívoros:

Em R I, durante o período úmido, capturaram-se apenas duas espécies de peixes detritívoros, *Stendachnerina insculpta* e *Cyphocharax modestus* (Tabela 4). Na época seca, foi capturado um indivíduo da ordem dos Siluriformes (*Hypostomus* sp6.), além das outras duas espécies acima mencionadas. O comprimento padrão médio dos Characiformes ficou em torno de 7 e 9cm, enquanto o peso total médio variou entre 11 e 22g. O exemplar de *Hypostomus* sp6. mediu 20.5cm de comprimento padrão e pesou 187.5g.

Tabela 4: Características das espécies de peixes detritívoros capturados em R I. Rio Jacaré Pepira, Brotas (SP). Ano: 1990.

ESPÉ- CIES	PERÍODOS	CHUVA			SECA		
	CARACTERÍSTICAS	N	CP	PT	N	CP	PT
CHARACIFORMES							
	<i>Cyphocharax modestus</i>	29	08.5	016.5	26	08.9	021.2
	<i>Stendachnerina insculpta</i>	15	07.7	012.1	11	08.0	011.7
SILURIFORMES							
	<i>Hypostomus</i> sp6.	00	-	-	01	20.5	187.5

- N = número de exemplares amostrados;
- CP (em cm) = média do comprimento padrão;
- PT (em g) = média do peso total.

As mesmas espécies de Characiformes capturadas em R I foram encontradas em R II, mas com *Cyphocharax modestus* ausente na época de chuva. A ordem dos Siluriformes foi melhor representada em R II, com cinco espécies diferentes do gênero

Hypostomus (Tabela 5). Os Characiformes apresentaram comprimento padrão médio entre 8 e 9cm e peso total médio entre 14 e 19g. Os Siluriformes apresentaram valor médio entre 10 e 17cm para os comprimentos padrões e entre 36 e 133g para os pesos totais.

Tabela 5: Características das espécies de peixes detritívoros capturados em R II. Rio Jacaré Pepira, Brotas (SP). Ano: 1990.

ESPÉ- CIES	PERÍODOS	CHUVA			SECA		
	CARACTERÍSTICAS	N	CP	PT	N	CP	PT
CHARACIFORMES							
	<i>Cyphocharax modestus</i>	00	-	-	05	08.7	016.8
	<i>Stendachnerina insculpta</i>	03	08.8	014.2	01	09.0	018.8
SILURIFORMES							
	<i>Hypostomus</i> sp1.	10	11.5	036.0	07	10.8	036.2
	<i>Hypostomus</i> sp2.	13	16.5	133.0	20	15.6	118.5
	<i>Hypostomus</i> sp3.	00	-	-	02	15.3	098.1
	<i>Hypostomus</i> sp4.	01	17.0	106.3	18	15.5	122.7
	<i>Hypostomus</i> sp5.	04	15.4	102.0	14	13.7	082.1

- N = número de exemplares amostrados;
- CP (em cm) = média do comprimento padrão;
- PT (em g) = média do peso total.

A Tabela 6 apresenta as espécies de peixes que foram capturadas em R III, com seus respectivos comprimentos padrões e pesos totais médios. Em conjunto com *Stendachnerina insculpta* e *Cyphocharax modestus* na ordem dos Characiformes, também apareceu *Prochilodus scrofa*. Quatro espécies de *Hypostomus* foram capturadas nesta região, mas somente a espécie 6 foi capturada nas duas épocas de estudo. O comprimento padrão médio dos Characiformes variou entre 9 e 23cm, enquanto o peso total médio ficou entre 19 e 296g. Os Siluriformes apresentaram comprimento padrão médio variando entre 13 e 16cm e peso total médio variando entre 52 e 112g.

Tabela 6: Características das espécies de peixes detritívoros capturados em R III. Rio Jacaré Pepira, Bocaina (SP). Ano: 1990.

ESPÉ- CIES	PERÍODOS	CHUVA			SECA		
	CARACTERÍSTICAS	N	CP	PT	N	CP	PT
CHARACIFORMES							
	<i>Cyphocharax modestus</i>	21	10.5	033.9	41	10.9	042.6
	<i>Stendachnerina insculpta</i>	06	09.3	019.5	26	09.4	020.1
	<i>Prochilodus scrofa</i>	04	22.4	296.0	07	22.1	252.0
SILURIFORMES							
	<i>Hypostomus</i> sp1.	01	16.0	111.8	00	-	-
	<i>Hypostomus</i> sp3.	01	14.0	064.0	00	-	-
	<i>Hypostomus</i> sp6.	03	13.2	053.7	15	13.2	055.4
	<i>Hypostomus</i> sp7.	00	-	-	15	13.1	052.4

- N = número de exemplares amostrados;
- CP (em cm) = média do comprimento padrão;
- PT (em g) = média do peso total.

Tabela 7: Características das espécies de peixes detritívoros capturados em R IV. Represa de Ibitinga, Ibitinga (SP). Ano: 1990.

ESPÉ- CIES	PERÍODOS	CHUVA			SECA		
	CARACTERÍSTICAS	N	CP	PT	N	CP	PT
CHARACIFORMES							
	<i>Cyphocharax modestus</i>	01	16.0	050.0	10	12.8	057.0
	<i>Stendachnerina insculpta</i>	26	07.2	013.0	08	09.4	024.2
	<i>Prochilodus scrofa</i>	04	32.9	937.0	04	38.4	1375
SILURIFORMES							
	<i>Hypostomus</i> sp6.	01	19.0	167.1	03	15.8	128.9

- N = número de exemplares amostrados;
- CP (em cm) = média do comprimento padrão;
- PT (em g) = média do peso total.

Em R IV foram capturadas as mesmas espécies encontradas em R III, no que se refere à ordem dos Characíformes (Tabela 7). O comprimento padrão médio para este grupo variou entre 7 e 39cm e o peso total médio, entre 13 e 1375g. Apenas a espécie *Hypostomus* sp6. foi encontrada nesta região, para a ordem

dos Siluriformes, com comprimento padrão médio entre 15 e 19cm e peso total médio entre 128 e 168g.

Nota-se que *Stendachnerina insculpta* esteve presente em todos os ambientes estudados, durante os dois períodos de amostragem. *Cyphocharax modestus* só não ocorreu em R II, na época de chuva. *Hypostomus* sp7. ocorreu apenas em R III, durante a estação seca.

4.2. Conteúdo Estomacal:

4.2.1. Material Amorfo e Índices de Diversidade:

A quantidade de material amorfo no conteúdo estomacal dos peixes foi maior que 50% na maioria dos exemplares analisados. A proporção de material amorfo e as classes dos diversos itens alimentares encontrados em cada peixe amostrado, bem como os respectivos índices de diversidade calculados podem ser fornecidos, mediante solicitação ao autor da tese.

A Tabela 8 mostra os resultados da análise de variância comparando os índices de diversidade calculados, a partir dos itens alimentares encontrados nos conteúdos estomacais dos Characiformes. Não houve diferenças significativas entre as épocas, enquanto que, para as regiões e para a interação época x região, o resultado foi significativo.

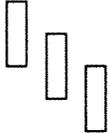
O teste de Scheffé (Tabela 9) demonstrou que, na época de chuva, os conteúdos estomacais se mostraram semelhantes nas quatro regiões. Na seca, os valores encontrados mostram que há semelhanças entre as regiões próximas uma da outra, isto é, entre R I e R II, assim como entre R II e R III, assim como entre R III e R IV.

Tabela 8: Análise de variância comparando os conteúdos estomacais, através de índices de diversidade de Shannon-Wiener, para os peixes da ordem Characiforme, coletados na bacia do rio Jacaré Pepira (SP), mostrando as relações encontradas entre as regiões e as épocas de estudo. Ano: 1990.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	Q.M.	F _{CALC.}	PROB.
Época	1	0.030	0.030	1.861	0.177
Região	3	0.345	0.115	7.218	0.000
Época*Região	3	0.154	0.051	3.223	0.029
Resíduo	62	0.989	0.016		

- G.L. = graus de liberdade;
- S.Q. = soma dos quadrados;
- Q.M. = quadrado médio;
- F_{CALC.} = F calculado ao nível de significância de 5%;
- PROB. = probabilidade.

Tabela 9: Resultados da comparação a posteriori de Scheffé, usando as médias dos índices de diversidade de Shannon-Wiener calculados para os conteúdos estomacais dos peixes da ordem Characiforme, coletados na bacia do rio Jacaré Pepira (SP), para cada estação do ano estudada, 1990. As regiões que possuem a mesma barra, indicam que suas médias não diferiram significativamente entre si, a nível de 5%.

CHUVA			SECA		
REGIÃO	MÉDIA	ANÁLISE	REGIÃO	MÉDIA	ANÁLISE
IV	0.483		IV	0.529	
III	0.457		III	0.410	
I	0.428		II	0.325	
II	0.315		I	0.223	

A diversidade de itens alimentares nos conteúdos estomacais dos Siluriformes foi comparada entre R II e R III, por meio de análise de variância. Houve diferenças significativas entre as épocas, mas não houve diferenças significativas entre as regiões e na interação época x região (Tabela 10). Como se testaram apenas duas regiões, não foi necessária a aplicação do teste *a posteriori*. Em R I e R IV, embora tenham sido capturados alguns exemplares desses peixes, eles não foram incluídos nessas análises, porque apenas um indivíduo, em R IV, época de chuva, possuía alimentos no estômago.

Tabela 10: Análise de variância comparando os conteúdos estomacais, através de índices de diversidade de Shannon-Wiener, para os peixes da ordem Siluriforme, coletados na bacia do rio Jacaré Pepira (SP), mostrando as relações encontradas entre as regiões e as épocas de estudo. Ano: 1990.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q.	Q.M.	F _{CALC.}	PROB.
Época	1	0.163	0.163	8.776	0.005
Região	1	0.000	0.000	0.022	0.884
Época*Região	1	0.004	0.004	0.217	0.644
Resíduo	44	0.819	0.019		

- G.L. = graus de liberdade;
- S.Q. = soma dos quadrados;
- Q.M. = quadrado médio;
- F_{CALC.} = F calculado ao nível de significância de 5%;
- PROB. = probabilidade.

4.2.2. Itens Alimentares:

A Figura 2 mostra a porcentagem média dos diversos itens alimentares encontrados na ordem Characiforme, em R I, durante a época de chuva. Nota-se que a maior proporção dos itens

está representada pelas algas da classe das Chrysophytas, seguidas por restos animais. Na estação seca (Figura 3), nesta mesma região (R I), a presença das Chrysophytas foi predominante nos estômagos dos Characiformes. Apesar de ter sido capturado um indivíduo da ordem Siluriforme nesta área, este se apresentava com o estômago vazio.

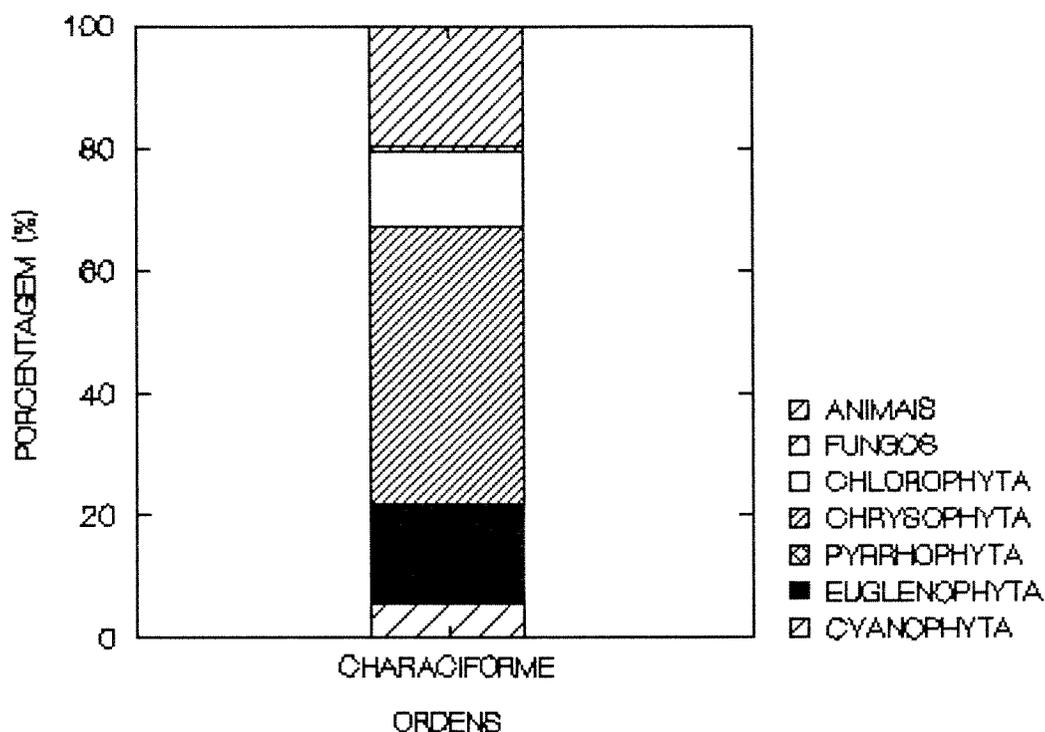


Figura 2: Porcentagens médias dos diversos itens alimentares encontrados nos conteúdos estomacais dos peixes detritívoros da ordem Characiforme, capturados em R I, rio Jacaré Pepira, Brotas (SP), época de chuva, março/90.

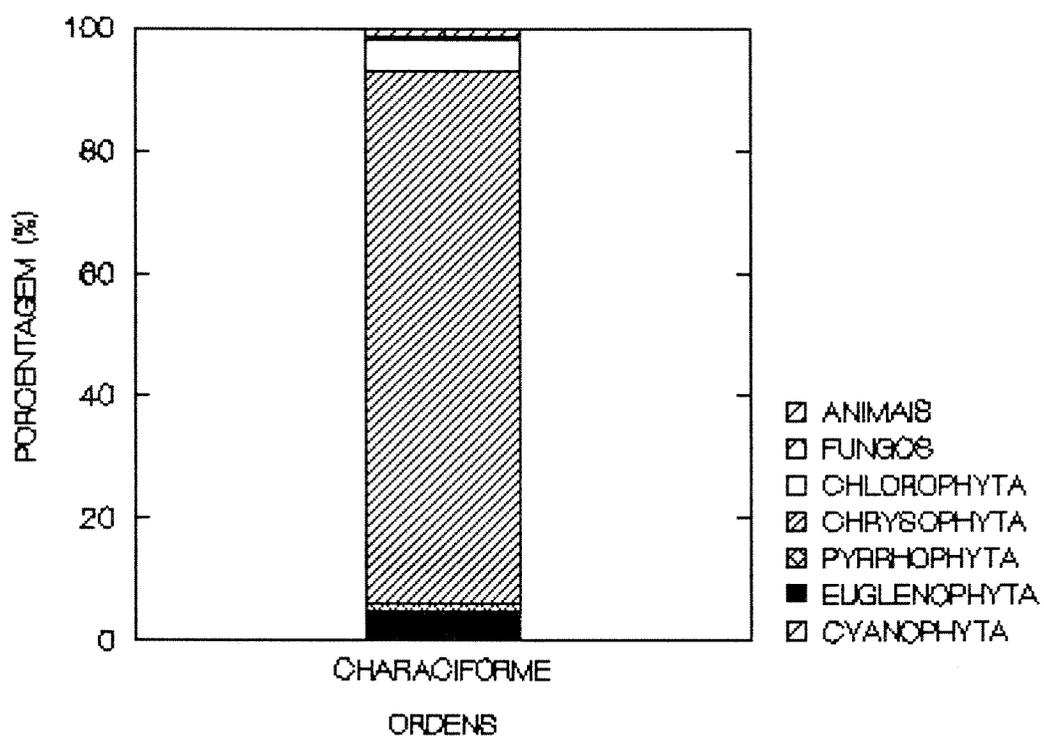


Figura 3: Porcentagens médias dos diversos itens alimentares encontrados nos conteúdos estomacais dos peixes detritívoros da ordem Characiforme, capturados em R I, rio Jacaré Pepira, Brotas (SP), época de seca, outubro/90.

Em R II, durante o período de chuva, os Siluriformes apresentaram grandes proporções de Chrysophytas e Cyanophytas em seus conteúdos estomacais. Os Characiformes apresentaram grandes proporções de algas da classe das Chlorophytas, seguidas pelas Cyanophytas (Figura 4). Na época de seca, as duas ordens de peixes apresentaram predominância de algas da classe das Chrysophytas seguido pelas Cyanophytas e, em menor proporção, apareceram as Chlorophytas (Figura 5).

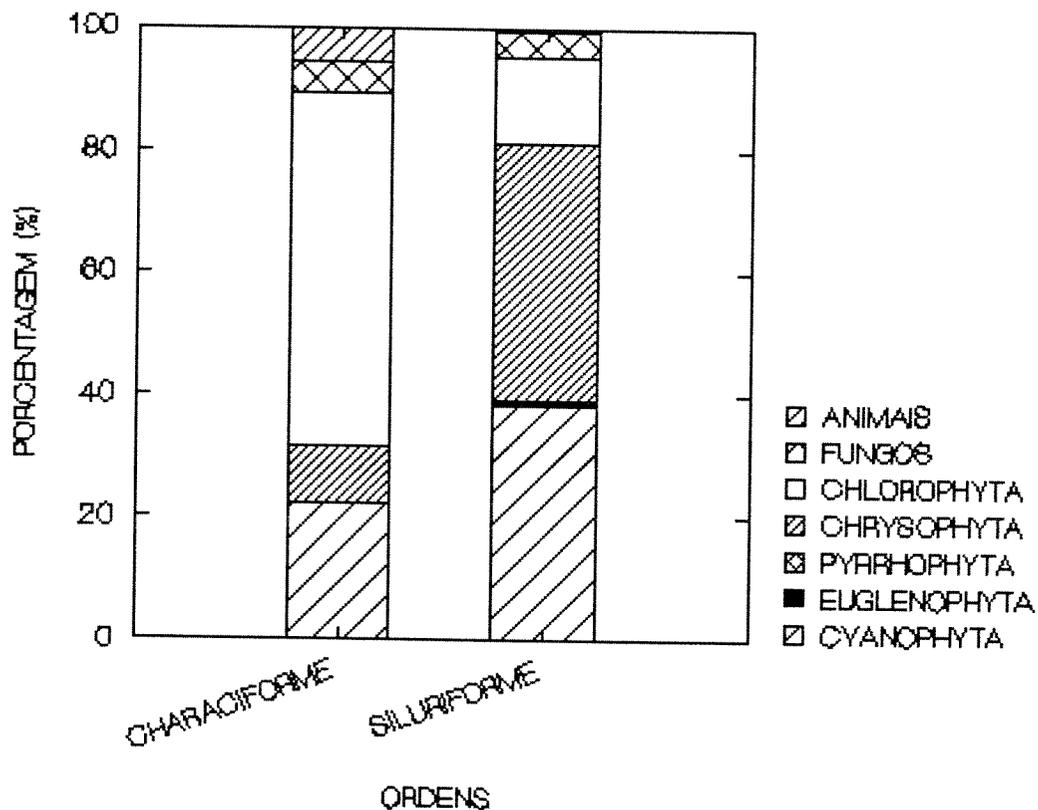


Figura 4: Porcentagens médias dos diversos itens alimentares encontrados nos conteúdos estomacais das ordens de peixes detritívoros, capturados em R II, rio Jacaré Pepira, Brotas (SP), época de chuva, março/90.

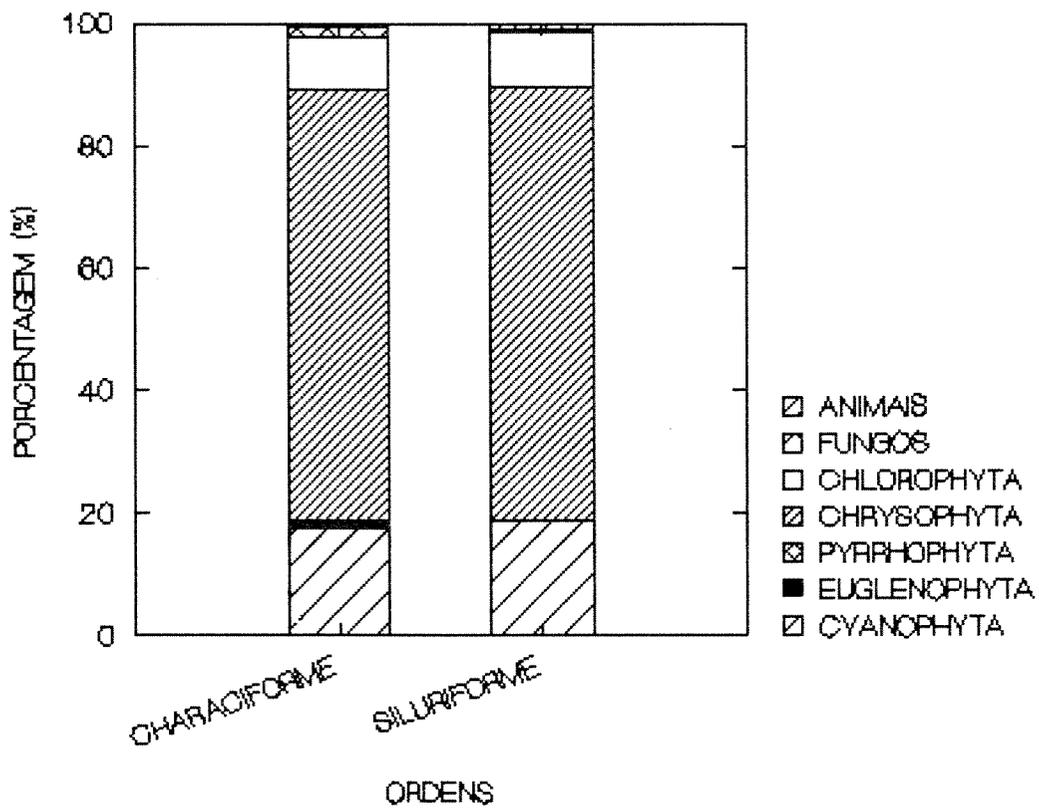


Figura 5: Porcentagens médias dos diversos itens alimentares encontrados nos conteúdos estomacais das ordens de peixes detritívoros, capturados em R II, rio Jacaré Pepira, Brotas (SP), época de seca, outubro/90.

Durante a estação chuvosa, em R III, as ordens dos Characiformes e dos Siluriformes apresentaram proporções semelhantes de algas das classes das Euglenophytas e das Chrysophytas, seguidas pelas Cyanophytas e Chlorophytas (Figura 6). Na época seca, os Characiformes apresentaram quantidades proporcionais de algas do grupo das Chrysophytas e Euglenophytas, enquanto nos Siluriformes foram detectadas grandes quantidades de Chrysophytas nos seus estômagos (Figura 7).

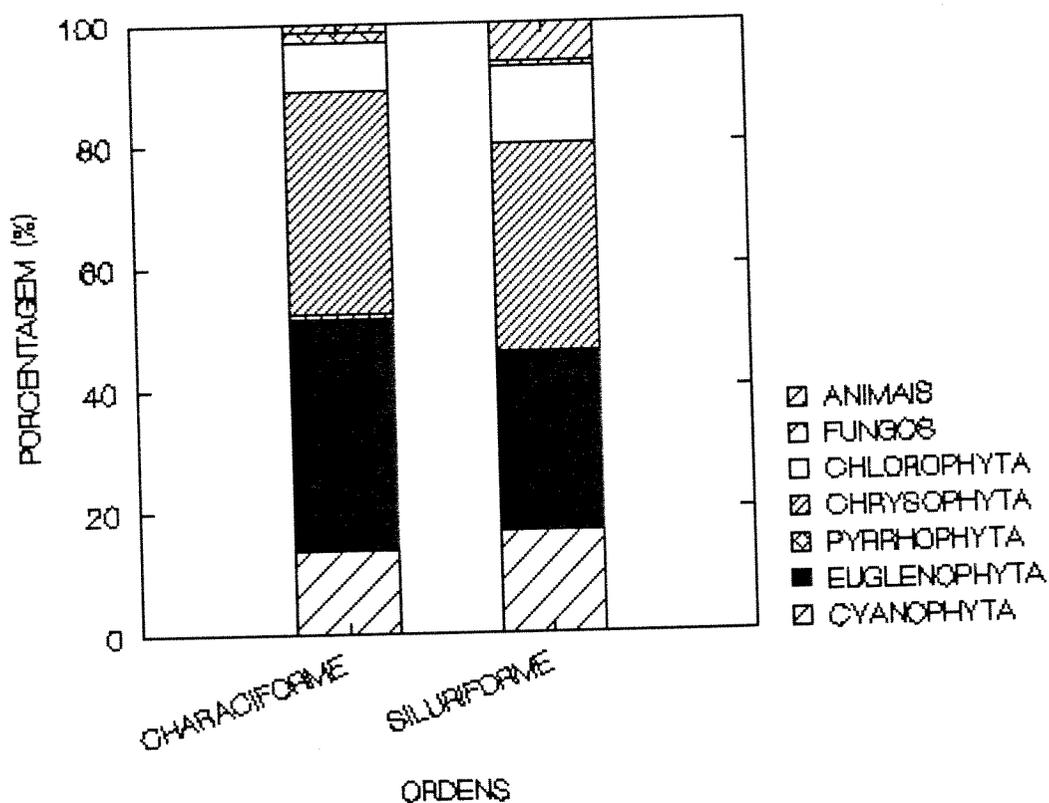


Figura 6: Porcentagens médias dos diversos itens alimentares encontrados nos conteúdos estomacais das ordens de peixes detritívoros, capturados em R III, rio Jacaré Pepira, Bocaina (SP), época de chuva, março/90.

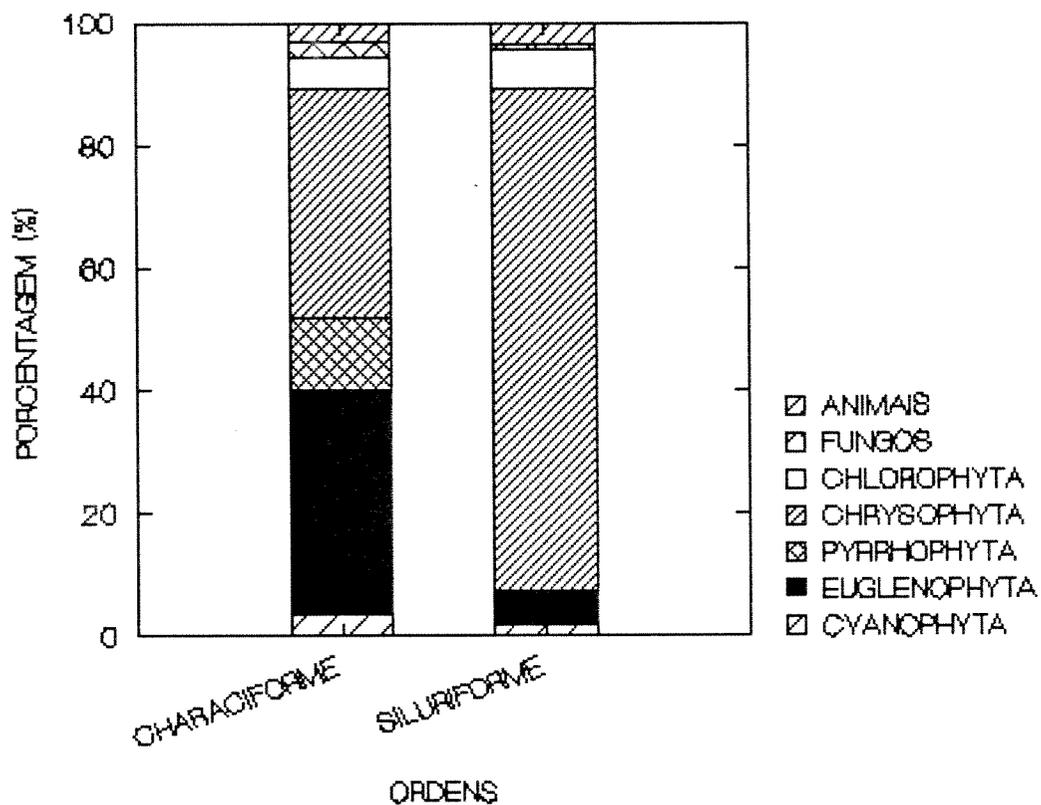


Figura 7: Porcentagens médias dos diversos itens alimentares encontrados nos conteúdos estomacais das ordens de peixes detritívoros, capturados em R III, rio Jacaré Pepira, Bocaina (SP), época de seca, outubro/90.

Os Characiformes, em R IV, apresentaram grandes quantidades de Chrysophytas na estação chuvosa. Para os Siluriformes foram detectadas maiores proporções de Cyanophytas, nos conteúdos estomacais, seguidas por Chrysophytas (Figura 8). Durante o período seco, continuou o predomínio das Chrysophytas, seguidas por Cyanophytas e restos animais, para a ordem dos Characiformes (Figura 9). Apesar de terem sido capturados exemplares de Siluriformes nesta região, durante esse período, estes se apresentavam com os estômagos vazios.

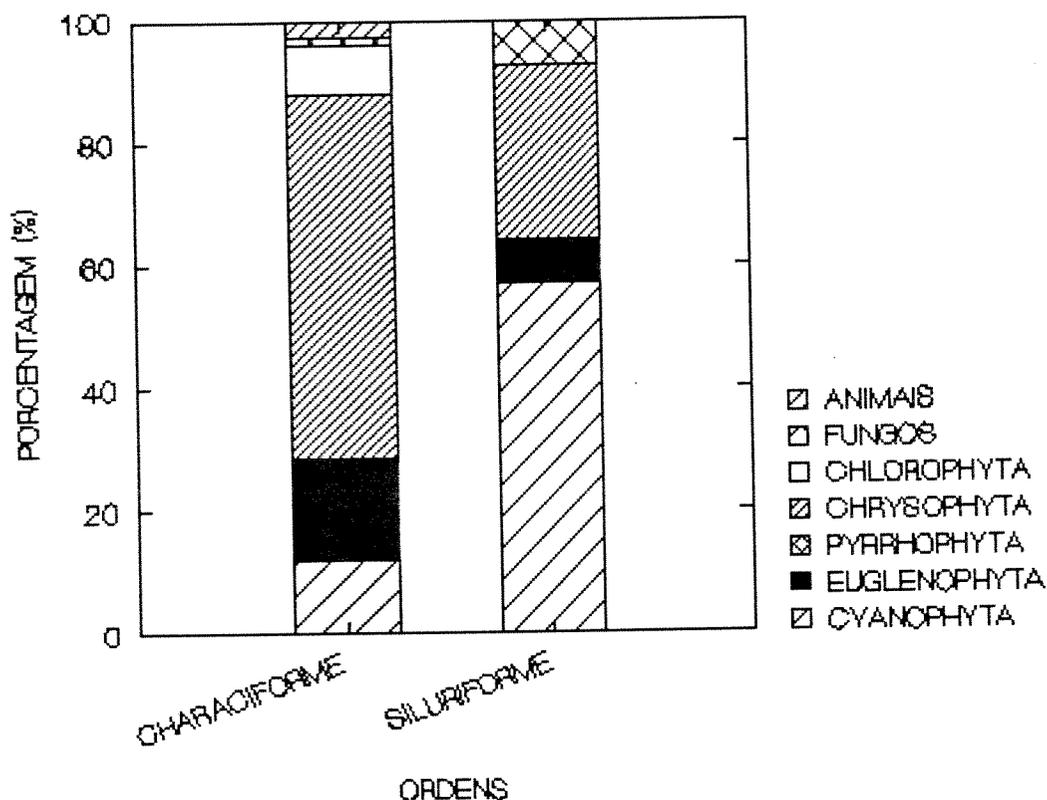


Figura 8: Porcentagens médias dos diversos itens alimentares encontrados nos conteúdos estomacais das ordens de peixes detritívoros, capturados em R IV, represa de Ibitinga, Ibitinga (SP), época de chuva, março/90.

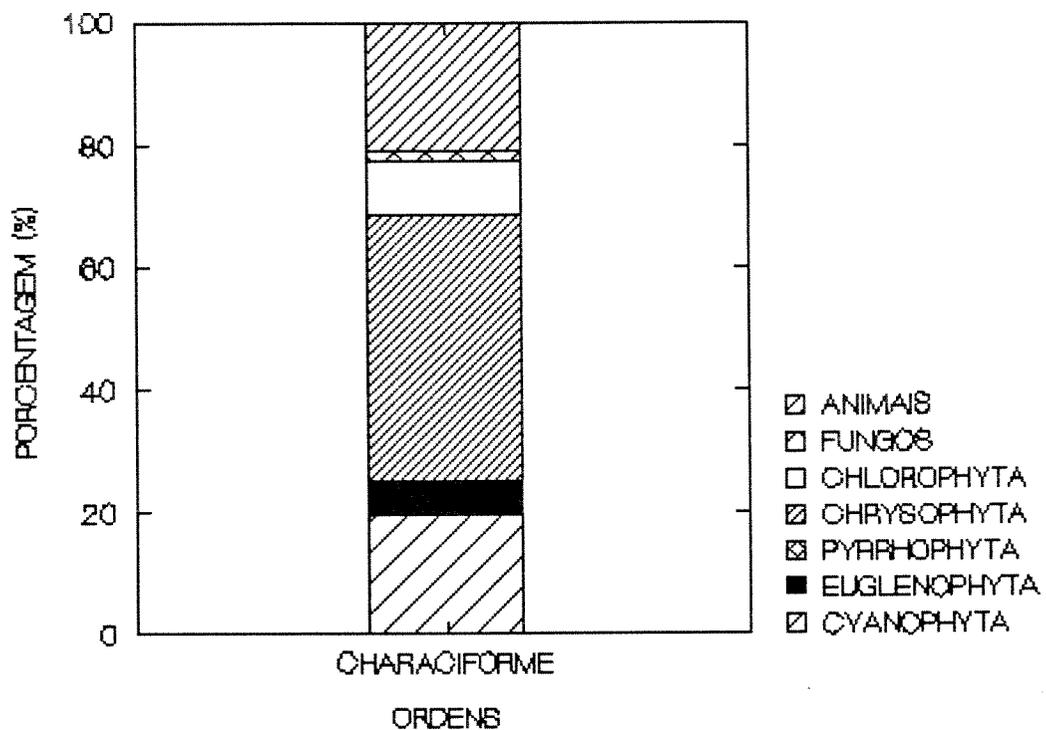


Figura 9: Porcentagens médias dos diversos itens alimentares encontrados nos conteúdos estomacais dos peixes detritívoros da ordem Characiforme, capturados em R IV, represa de Ibatinga, Ibatinga (SP), época de seca, outubro/90.

4.3. Isótopo:

Os valores isotópicos encontrados para as fontes alimentares e para as espécies de peixes detritívoros serão fornecidos, mediante solicitação ao autor da tese.

4.3.1. COP (Carbono Orgânico Particulado):

Pela análise de variância, efetuada com os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para o COP em água corrente, detectaram-se diferenças altamente significativas entre as três regiões e entre as duas épocas estudadas. A interação época x região também se mostrou significativa, demonstrando que as tendências das regiões durante as épocas de estudo não foram paralelas (Tabela 11).

Tabela 11: Análise de variância comparando os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para o COP, coletado em água corrente no rio Jacaré Pepira (SP), mostrando as relações encontradas entre as regiões e as épocas de estudo. Ano: 1990.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F _{CALC.}	PROB.
Época	1	1.097	1.097	49.820	0.000
Região	2	17.725	8.862	402.424	0.000
Época*Região	2	0.808	0.404	18.350	0.001
Resíduo	9	0.198	0.022		

- G.L. = graus de liberdade;
- S.Q. = soma dos quadrados;
- Q.M. = quadrado médio;
- F_{CALC.} = F calculado ao nível de significância de 5%;
- PROB. = probabilidade.

A Tabela 12 mostra que os resultados encontrados na

análise de variância para ^{13}C do COP coletado em lagoas foram semelhantes àqueles encontrados para o COP em rio. Isto é, o teste resultou significativo não só nas comparações entre épocas e regiões, mas na interação época x região.

Tabela 12: Análise de variância comparando os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para o COP, coletado em lagoas paralelas ao longo do rio Jacaré Pepira (SP) e na represa de Ibitinga (SP), mostrando as relações encontradas entre as regiões e as épocas de estudo. Ano: 1990.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	M.Q	F _{CALC.}	PROB.
Época	1	51.249	51.249	17.171	0.003
Região	2	80.203	40.101	13.436	0.002
Época*Região	2	51.212	25.606	8.579	0.008
Resíduo	9	26.861	2.985		

- G.L. = graus de liberdade;
- S.Q. = soma dos quadrados;
- Q.M. = quadrado médio;
- F_{CALC.} = F calculado ao nível de significância de 5%;
- PROB. = probabilidade.

4.3.2. Perifíton:

Para o perifíton as comparações entre épocas e regiões foram significativas, enquanto que a interação época x região não o foi (Tabela 13). Isso demonstra que as interações época x região se mostraram paralelas.

O teste *a posteriori* (Tabela 14) demonstrou que, na época de chuva, R I e R IV apresentaram valores isotópicos diferentes. Na seca, as quatro regiões não apresentaram diferenças significativas.

Tabela 13: Análise de variância comparando os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para o perifíton, coletado na bacia do rio Jacaré Pepira (SP), mostrando as relações encontradas entre as regiões e as épocas de estudo. Ano: 1990.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	M.Q	F _{CALC.}	PROB.
Época	1	82.673	82.673	4.765	0.047
Região	3	297.078	99.026	5.708	0.009
Época*Região	3	80.436	26.812	1.545	0.247
Resíduo	14	242.896	17.350		

- G.L. = graus de liberdade;
- S.Q. = soma dos quadrados;
- Q.M. = quadrado médio;
- F_{CALC.} = F calculado ao nível de significância de 5%;
- PROB. = probabilidade.

Tabela 14: Resultados da comparação a posteriori de Scheffé, usando as médias dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para o perifíton, coletado na bacia do rio Jacaré Pepira (SP), para cada estação do ano estudada, 1990. As regiões que possuem a mesma barra, indicam que suas médias não diferiram significativamente entre si, a nível de 5%.

CHUVA			SECA		
REGIÃO	MÉDIA	ANÁLISE	REGIÃO	MÉDIA	ANÁLISE
I	-32.91		I	-27.90	
II	-23.97		IV	-22.99	
III	-23.80		II	-18.43	
IV	-20.53		III	-15.41	

4.3.3. Sedimento:

Com relação ao sedimento, houve diferenças significativas entre R I, R III e R IV. Lembre-se que, em R II, o rio tem o leito rochoso, o que a exclui desta análise. Também se registraram diferenças significativas na interação época x região,

naquelas mesmas regiões (Tabela 15). Entre as épocas estudadas não houve diferenças significativas.

Tabela 15: Análise de variância comparando os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para o sedimento, coletado na bacia do rio Jacaré Pepira (SP), mostrando as relações encontradas entre as regiões e as épocas de estudo. Ano: 1990.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	M.Q	F _{CALC.}	PROB.
Época	1	2.047	2.047	2.625	0.136
Região	2	31.331	15.665	20.093	0.000
Época*Região	2	20.824	10.412	13.355	0.001
Resíduo	10	7.796	0.780		

- G.L. = graus de liberdade;
- S.Q. = soma dos quadrados;
- Q.M. = quadrado médio;
- F_{CALC.} = F calculado ao nível de significância de 5%;
- PROB. = probabilidade.

4.3.4. Macrófitas, Gramíneas C₃ e C₄ e Vegetação Terrestre:

Os resultados das análises de variância efetuadas para os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados nas macrófitas, nas gramíneas C₃ e C₄ e nas plantas terrestres podem ser visualizados na Tabela 16. Essas plantas não apresentaram diferenças significativas quanto a esses valores, entre as regiões, exceto no que se refere às gramíneas C₃. Pelo teste de Scheffé (Tabela 17), essas gramíneas, em R II, apresentam as médias dos valores isotópicos mais negativos, ou seja, com menores quantidades de isótopos de carbono. R I e R IV também apresentaram diferenças significativas entre si.

Tabela 16: Análise de variância comparando os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para as macrófitas, as gramíneas C_3 , as gramíneas C_4 e as plantas terrestres coletadas na bacia do rio Jacaré Pepira (SP), mostrando as relações encontradas entre as regiões, na época de chuva, março/90.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	Q.M.	F _{CALC.}	PROB.
Macrófitas	1	12.400	12.400	1.122	0.309
Resíduo	13	143.612	11.047		
Gramíneas C_3	3	75.631	25.210	49.164	0.000
Resíduo	5	2.564	0.513		
Gramíneas C_4	3	2.509	0.836	1.694	0.283
Resíduo	5	2.468	0.494		
Plant. ter.	1	7.772	7.772	2.288	0.148
Resíduo	18	61.142	3.397		

- G.L. = graus de liberdade;
- S.Q. = soma dos quadrados;
- Q.M. = quadrado médio;
- F_{CALC.} = F calculado ao nível de significância de 5%;
- PROB. = probabilidade.

Tabela 17: Resultados da comparação *a posteriori* de Scheffé, usando as médias dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para as gramíneas C_3 , coletadas na bacia do rio Jacaré Pepira (SP), época de chuva. Ano: 1990. As regiões que possuem a mesma barra, indicam que suas médias não diferiram significativamente entre si, a nível de 5%.

REGIÃO	MÉDIA	ANÁLISE
II	-33.41	
IV	-28.87	□
III	-27.34	□
I	-25.00	□

4.3.5. Peixes:

A análise de variância efetuada sobre os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para os Characiformes mostrou que, entre as duas épocas estudadas, esses peixes não apresentaram diferenças significativas, enquanto que, para as regiões, o teste resultou significativo (Tabela 18). A relação época x região não foi significativa.

Tabela 18: Análise de variância comparando os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para o grupo de peixes da ordem Characiforme, coletados na bacia do rio Jacaré Pepira (SP), mostrando as relações encontradas entre as regiões e as épocas de estudo. Ano: 1990.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F _{CALC.}	PROB.
Época	1	12.357	12.357	1.581	0.215
Região	3	680.006	226.669	29.009	0.000
Época*Região	3	20.543	6.848	0.876	0.461
Resíduo	43	335.988	7.814		

- G.L. = graus de liberdade;
- S.Q. = soma dos quadrados;
- Q.M. = quadrado médio;
- F_{CALC.} = F calculado ao nível de significância de 5%;
- PROB. = probabilidade.

Aplicou-se o teste *a posteriori* de Scheffé às médias dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para os Characiformes das diferentes regiões (Tabela 19). O teste demonstrou que os peixes de R II apresentaram valores isotópicos diferentes das outras áreas. Os indivíduos coletados em R I e R IV e aqueles capturados em R III e R IV mostraram valores isotópicos semelhantes, sendo que R I e R III diferiram entre si.

Tabela 19: Resultados da comparação a posteriori de Scheffé, usando as médias dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para os peixes Characiformes, coletados na bacia do rio Jacaré Pepira (SP). Ano: 1990. As regiões que possuem a mesma barra, indicam que suas médias não diferiram significativamente entre si, a nível de 5%.

REGIÃO	MÉDIA	ANÁLISE
I	-36.94	
IV	-35.22	
III	-33.68	
II	-24.49	

A análise de variância efetuada sobre os valores isotópicos encontrados para a ordem de peixes dos Siluriformes, demonstrou que a relação época x região não é significativa. Entre as duas épocas estudadas, os resultados da análise também não foram significativos, enquanto que a comparação entre regiões resultou significativa (Tabela 20). Pelo teste de Scheffé, as médias dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para estes peixes, foram diferentes entre R II, R III e R IV, como mostra a Tabela 21. Quanto a R I, não entrou na análise de variância porque só foi capturado um exemplar na época seca.

As estatísticas descritivas foram calculadas com os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para os diferentes grupos, em cada região e indistintamente quanto às épocas de seca e chuva. Isso foi feito de acordo com os resultados encontrados nas análises de variância, onde os peixes não apresentaram diferenças significativas entre as épocas do ano e sim entre as regiões.

Devido ao custo elevado das análises de isótopos de carbono, não foi possível, em alguns casos, fazer replicações.

Além disso, alguns grupos de peixes só foram representados por um único exemplar. Mas para se ter uma idéia da ordem de magnitude desses valores de $\delta^{13}\text{C}$, esses dados também foram incluídos nas figuras.

Tabela 20: Análise de variância comparando os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para os peixes da ordem Siluriforme, coletados na bacia do rio Jacaré Pepira (SP), mostrando as relações encontradas entre as regiões e as épocas de estudo. Ano: 1990.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q	Q.M.	F _{CALC.}	PROB.
Época	1	3.617	3.617	0.868	0.360
Região	2	1078.758	539.379	129.364	0.000
Época*Região	2	21.195	10.597	2.542	0.097
Resíduo	28	116.745	4.169		

- G.L. = graus de liberdade;
- S.Q. = soma dos quadrados;
- Q.M. = quadrado médio;
- F_{CALC.} = F calculado ao nível de significância de 5%;
- PROB. = probabilidade.

Tabela 21: Resultados da comparação a posteriori de Scheffé, usando as médias dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para os peixes Siluriformes, coletados na bacia do rio Jacaré Pepira (SP). Ano: 1990. As regiões que possuem a mesma barra, indicam que suas médias não diferiram significativamente entre si, a nível de 5%.

REGIÃO	MÉDIA	ANÁLISE
IV	-36.07	
III	-28.77	
II	-19.10	

Na Figura 10, nota-se que os Characiformes em R I tem os valores médios de $\delta^{13}\text{C}$ mais negativos que as fontes alimentares analisadas. O único exemplar da ordem dos Siluriformes capturado nessa região, se encontra com o valor

isotópico situado entre os encontrados para o perifíton.

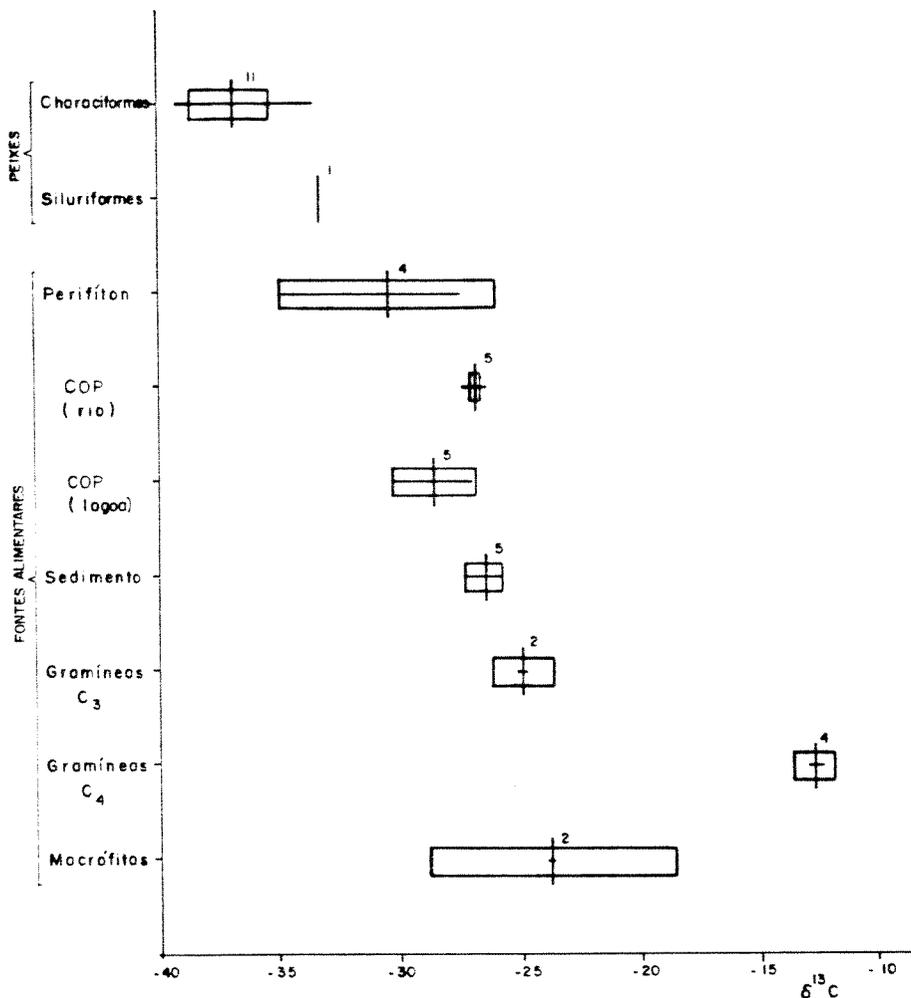


Figura 10: Valores de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) encontrados para os diversos grupos analisados em R. I. Rio Jacaré Pepira, Brotas (SP). Ano: 1990.
 - Linha horizontal = valor máximo e mínimo;
 - Linha vertical = média;
 - Retângulo = intervalo de confiança;
 - Número acima de cada "box" = quantidade de amostras analisadas.

O gráfico de R II, apresentado na Figura 11, indica que os Characiformes apresentam valores de $\delta^{13}\text{C}$ semelhantes ao perifíton e ao COP coletado no rio. Esses valores, no caso dos Siluriformes, se sobrepõem aos encontrados para o perifíton.

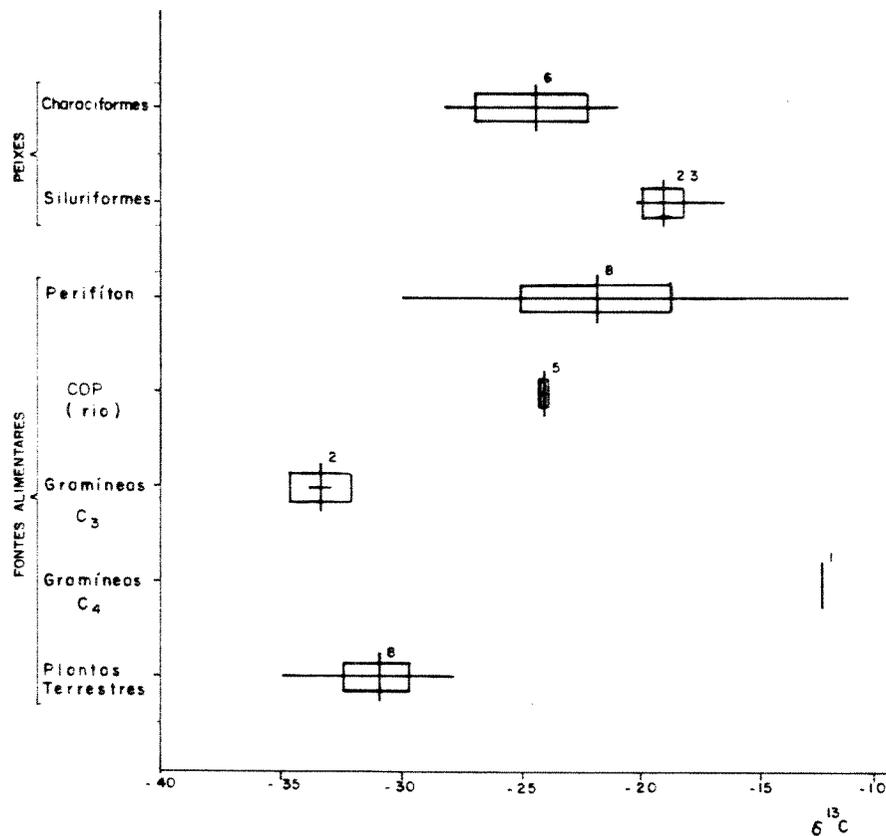


Figura 11: Valores de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) encontrados para os diversos grupos analisados em R II. Rio Jacaré Pepira, Brotas (SP). Ano: 1990.
 - Linha horizontal = valor máximo e mínimo;
 - Linha vertical = média;
 - Retângulo = intervalo de confiança;
 - Número acima de cada "box" = quantidade de amostras analisadas.

Na Figura 12, relativa a R III, os Characiformes se apresentam com os resultados isotópicos mais negativos que as fontes alimentares amostradas. Os Siluriformes apresentam valores de $\delta^{13}\text{C}$ que se sobrepõem totalmente ao COP coletado em lagoas e parcialmente aos valores das gramíneas C_3 e das plantas terrestres.

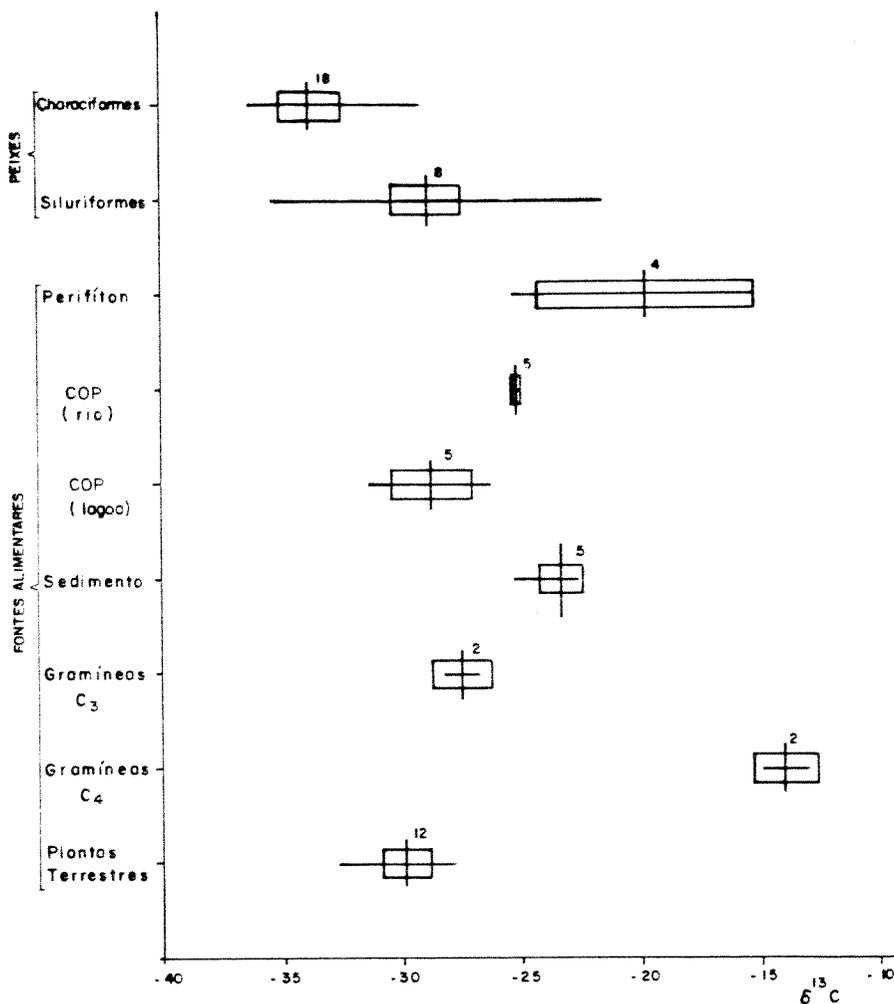


Figura 12: Valores de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) encontrados para os diversos grupos analisados em R III. Rio Jacaré Pepira, Bocaina (SP). Ano: 1990.

- Linha horizontal = valor máximo e mínimo;
- Linha vertical = média;
- Retângulo = intervalo de confiança;
- Número acima de cada "box" = quantidade de amostras analisadas.

Os Characiformes e Siluriformes capturados em R IV apresentaram valores de $\delta^{13}\text{C}$ semelhantes, sobrepondo-se parcialmente aos valores determinados para o COP na represa de Ibitinga, embora fossem um pouco mais negativos que este parâmetro. É o que se mostra na Figura 13.

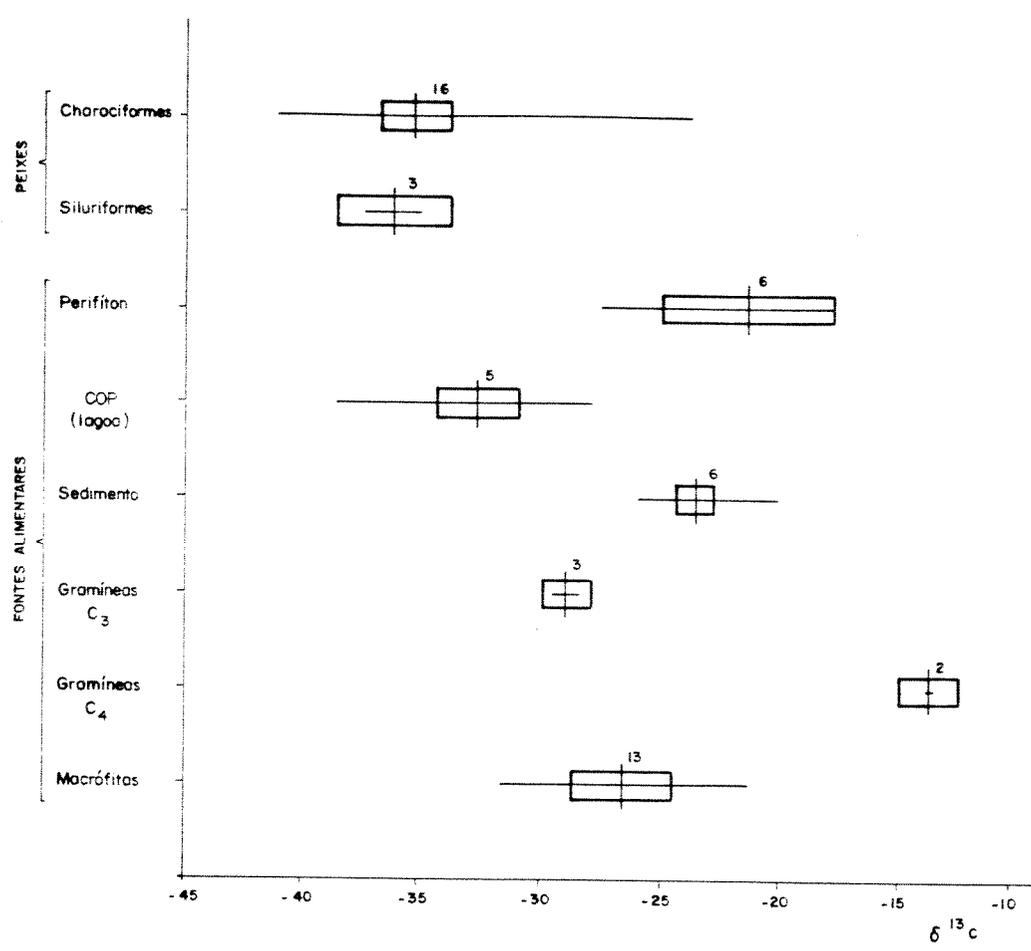


Figura 13: Valores de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) encontrados para os diversos grupos analisados em R IV. Represa de Ibitinga, Ibitinga (SP). Ano: 1990.
 - Linha horizontal = valor máximo e mínimo;
 - Linha vertical = média;
 - Retângulo = intervalo de confiança;
 - Número acima de cada "box" = quantidade de amostras analisadas.

5. DISCUSSÃO:

5.1. Conteúdo Estomacal:

5.1.1. Índices de Diversidade:

Os Characiformes, quanto ao índice de diversidade, não apresentaram diferenças nas duas épocas, mas, de acordo com as regiões. Já os Siluriformes apresentaram diferenças estacionais, mas não apresentaram diferenças regionais. Isso mostra que essas duas ordens de peixes exploram os recursos alimentares de diferentes formas. Hynes (1950), estudando a alimentação de *Gasterosteus aculeatus* em um pequeno rio, concluiu que a composição do alimento desse peixe variava através do ano, devido às flutuações dos itens alimentares no ambiente.

Pelos resultados encontrados no teste *a posteriori* de Scheffé realizado para o conteúdo estomacal dos Characiformes, nota-se que, na estação úmida, as diferentes regiões não apresentaram diferenças significativas, sugerindo uma maior homogeneidade dos ambientes, devido provavelmente às chuvas. No período de seca R I e R II, assim como R II e R III, assim como R III e R IV mostraram-se semelhantes, embora com diferenças entre os três grupos. Pode-se dizer que, na época seca, existe menor influência externa, notando-se que somente os pontos mais próximos se assemelham e que os fatores externos atuam localmente.

5.1.2. Itens Alimentares:

Zaret & Rand (1971), estudando a competição entre grupos de peixes em um rio tropical no Panamá, demonstraram que a maior sobreposição de nichos ocorria na época de chuva, coincidindo com a maior abundância de alimentos. O contrário ocorria durante a estação seca, período de menor disponibilidade alimentar e maior separação de nichos. Isso foi observado para R III, onde os conteúdos estomacais, das duas ordens de peixes estudadas, apresentaram proporções semelhantes na época de chuva e diferentes proporções na época de seca, indicando sobreposição alimentar no período chuvoso e separação de nichos na época seca.

Para R II, observou-se o inverso: na época de seca, as duas ordens de peixes apresentaram proporções semelhantes dos itens alimentares, indicando uma sobreposição alimentar, enquanto que, na época de chuva, os itens se apresentaram em proporções diferentes, indicando separação de nichos. Na represa de Ibitinga (R IV), na época de chuva, os Characiformes e Siluriformes apresentaram separação de nichos de acordo com os itens alimentares encontrados nos estômagos. Isso se deve, provavelmente, ao fato de, na chuva, com a grande quantidade de material alóctone que entra nos corpos d'água, os peixes poderem explorar diversos recursos alimentares e assim apresentar separação de nichos. Na seca, supõe-se que as fontes alimentares disponíveis sejam as mesmas, levando a uma sobreposição alimentar; embora esses recursos possam estar presentes em menores quantidades, supõe-se que eles sejam os únicos disponíveis.

Os animais, apesar de serem encontrados em pequenas quantidades nos estômagos, não devem ser desprezados, em virtude da grande biomassa que esses organismos normalmente apresentam, em comparação com as algas microscópicas. Além disso, dos oligoquetas, que possuem grande tamanho de corpo, só foram encontradas as cerdas, provavelmente devido à rápida digestão que sofrem esses organismos.

5.2. Isótopo:

5.2.1. COP (Carbono Orgânico Particulado):

A coleta das amostras de COP em ambientes distintos de correntes e lagoas foi feita porque se sabe que é relativamente baixa a importância da produção de fitoplâncton em rios, existindo maior proporção de detritos oriundos de vegetais, terrestres e aquáticos. O COP lacustre possui maior quantidade de matéria orgânica originária do fitoplâncton.

As amostras de COP coletados em regiões de correntezas e de lagoas apresentaram valores de $\delta^{13}\text{C}$ variando com as estações do ano e as regiões, e mostrando diferenças quanto a suas composições isotópicas. Em lagoas onde o número de organismos fitoplanctônicos é maior do que em rios, o COP apresenta-se com uma grande amplitude de valores isotópicos de carbono ($\delta^{13}\text{C} =$ de -31 a -12‰). O conteúdo de ^{13}C fixado fotossinteticamente depende das espécies presentes e pode ser

influenciado pela concentração e origem da fonte de carbono inorgânico fixado, bem como por outros fatores a saber: temperatura da água, quantidade de luz disponível, pH da água, disponibilidade de CO₂ e O₂ na água (Deines, 1980; Martinelli et al., 1988; e Takahashi et al., 1990).

O COP encontrado na bacia do Rio Jacaré Pepira pode ser uma mistura de fitoplâncton, que possui valores mais negativos, e outras fontes menos negativas, produzindo resultados medianos. Normalmente, valores de $\delta^{13}\text{C}$ do fitoplâncton de água doce são mais negativos, salvo algumas exceções causadas por problemas da fonte de CO₂ usada na fotossíntese. Os valores do COP são mais altos que os do fitoplâncton puro, porque estão contaminados com detritos que possuem valores de $\delta^{13}\text{C}$ mais altos. Os valores de ^{13}C encontrados para o COP em R IV podem caracterizar um COP mais enriquecido em fitoplâncton. O COP pode ser mais ou menos negativo, dependendo da contribuição das plantas C₃ para os detritos. Isto explicaria por que razão o COP apresentou resultados diferenciados, segundo as épocas e regiões (Araujo-Lima, com. pessoal).

5.2.2. Perifíton:

Segundo Martinelli et al. (1988), as algas do perifíton têm apresentado muitas variações nesse tipo de análise. A interpretação dos resultados é difícil, porque as composições isotópicas do perifíton estão relacionadas com o substrato em que

elas se desenvolvem e com as espécies que compõem a comunidade. Isto poderia explicar os valores de $\delta^{13}\text{C}$, bem inconstantes dentro de cada região e, por esse motivo, apresentando os maiores intervalos de confiança. Também deve ser levado em consideração que as amostras do perifíton continham, além das algas, detritos de diversas origens, aderidos a estes substratos, juntamente com a fauna perifítica, podendo também interferir nos valores isotópicos encontrados.

Embora os valores encontrados para o perifíton tenham se mostrado diferentes segundo as épocas e regiões, a interação época x região não foi significativa, mostrando que as influências exercidas sobre o perifíton por fatores regionais flutuaram de maneira semelhante durante os dois períodos de estudo.

5.2.3. Sedimento:

Pelos resultados encontrados na análise de variância, o sedimento, nas duas épocas estudadas, não mostrou diferenças significativas quanto aos valores de $\delta^{13}\text{C}$; mas, ao contrário, variou segundo as regiões. Supõe-se que essas diferenças existam devido ao ambiente terrestre que margeia os corpos d'água em estudo, e ao fato de, em cada região, o sedimento estar refletindo as condições externas.

Nas regiões amostradas o sedimento parece retratar

uma mistura de todas as fontes analisadas. Isto se deve, provavelmente à decantação de todo o material alóctone e autóctone dentro dos lagos, formando o sedimento.

5.2.4. Macrófitas, Gramíneas C₃ e C₄ e Vegetação Terrestre:

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para as macrófitas em R I e R IV não mostraram diferenças significativas na análise de variância e indicam que essas plantas se incluem dentro da faixa observada para as plantas C₃ (médias entre -26.48 e -23.81‰). Todavia, isso não pode ser generalizado para a bacia do rio Jacaré Pepira já que Mozeto et al. (1988) encontraram valores para essas plantas variando de -27.1 a -15.3‰, na represa do Lobo (SP).

Segundo Fry & Sherr (1984) os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para plantas aquáticas mostram grande variabilidade com diferenças maiores que 10‰. Ehleringer & Rundel (1988) observaram que as plantas aquáticas apresentam valores de $\delta^{13}\text{C}$ variando de -30 a -8‰, sendo que os conteúdos isotópicos dependem do substrato de onde é retirado o carbono (dióxido de carbono x bicarbonato) e das variações nas vias fotossintéticas usadas. Keeley (1988), estudando a composição de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ em tecidos fotossintéticos de plantas aquáticas de um lago temporário, demonstrou que esses valores não estavam relacionados com a via fotossintética utilizada pela planta. Esteves (1988) menciona que as macrófitas aquáticas provavelmente se incluem

entre as plantas C_3 e C_4 , cujo mecanismo de absorção de carbono depende das condições ambientais.

As plantas terrestres, vegetação composta por árvores e arbustos da mata ciliar, sempre se apresentaram com valores de $\delta^{13}C$ semelhantes àqueles encontrados para as plantas C_3 , sugerindo ser essa a via de assimilação fotossintética nesse tipo de vegetação. Não se amostraram as diferentes partes dessas plantas, como caule, folhas, frutos e sementes, porque, de acordo com Deines (1980), as diferenças na composição isotópica entre essas partes é irrelevante.

Pelos valores de $\delta^{13}C$ encontrados para as gramíneas verificou-se que existem espécies com vias de assimilação fotossintética dos tipos C_3 e C_4 na bacia do rio Jacaré Pepira. Odum (1983) afirma que as culturas de origem tropical, tais como milho, sorgo e cana de açúcar, são plantas C_4 . Esses dados são confirmados no trabalho de Smith & Epstein (1971). Os valores encontrados para as plantas C_4 no presente estudo foram os mais pesados (em torno de $-12^\circ/_{\infty}$), sendo que, para a cana de açúcar, o valor de $\delta^{13}C$ encontrado foi $-12.50^\circ/_{\infty}$.

5.2.5. Peixes:

Araujo-Lima *et al.* (1986) determinaram os valores de $\delta^{13}C$ para os peixes detritívoros da bacia Amazônica e suas possíveis fontes alimentares. No caso da ordem dos Characiformes,

eles concluíram que estes se derivavam primariamente do fitoplâncton. Quanto aos Siluriformes, não foi possível determinar qual a sua principal fonte de carbono, com os valores mais pesados que os dos Characiformes. Os autores acham que os Siluriformes poderiam estar recebendo o carbono primariamente do perifíton ou de alguma mistura de plantas C_3 . Concluem, ainda, que o fitoplâncton e as macrófitas C_4 não são as principais fontes de energia para os Siluriformes.

Em R IV, tanto os Characiformes como os Siluriformes parecem explorar o COP como principal fonte de alimento, levando-se em consideração que o COP da represa de Ibitinga possui maior quantidade de organismos planctônicos. Nessa região, os peixes podem estar assimilando o fitoplâncton, que provavelmente possui valores de ^{13}C mais negativos, mas que estão mascarados por uma mistura de detritos de outras fontes. Os peixes, desta forma, estão retratando o fitoplâncton assimilado mais negativo (Araujo-Lima, com. pessoal).

Os Characiformes se apresentaram com valores mais pesados que os dos Siluriformes, sugerindo uma diferença no metabolismo entre essas duas ordens de peixes, ou diferenças na exploração de *micro-habitats*. Os peixes de R II, tanto os Characiformes quanto os Siluriformes, sempre se mostraram com maiores quantidades de ^{13}C , em comparação aos outros ambientes. Nessa região, percebe-se que o ambiente terrestre que margeia o rio exerce pouca influência na comunidade de peixes. Isso provavelmente se deve às grandes velocidades da corrente, que

carreia todo o material terrestre que cai nessa região, para regiões posteriores às cachoeiras. Assim, os peixes dessa região se alimentam das fontes autóctones do local, ou seja, o perifíton e o COP de rio. Desta forma, embora possa haver uma mistura de muitas fontes isotópicas para os peixes, acreditamos que, devido às condições ambientais, essa mistura possa ser desprezada.

Uma fração da energia obtida com a alimentação é dissipada na forma de produtos do metabolismo e excreção, a outra é incorporada como tecido novo. Se a taxa de consumo de alimento do peixe excede a necessária para a manutenção, o excesso pode, pois, ser usado na síntese de novos tecidos (Wootton, 1990). Isto significa que a composição de $\delta^{13}\text{C}$ encontrada nos tecidos dos peixes reflete conteúdos de ^{13}C obtidos a longo prazo e, por esse motivo, os resultados encontrados neste trabalho não demonstraram diferença entre os períodos de chuva e seca.

Os Siluriformes apresentaram valores de $\delta^{13}\text{C}$ bem diferentes, entre as regiões. Os Characiformes obtiveram esses valores bem mais pesados em R II, em comparação com as outras regiões. Isso confirma que os diferentes tipos de ambientes escolhidos para o estudo foram determinantes na alimentação dos peixes detritívoros. Embora os peixes possam apresentar mobilidade entre os ambientes, isso não foi comprovado para os peixes estudados, já que apresentaram diferenças regionais, em relação à composição isotópica dos mesmos. Talvez o custo energético seja grande para que esses peixes se locomovam entre as regiões para se alimentarem.

Com exceção de R IV, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para os Characiformes e Siluriformes não se sobrepuseram. Isso sugere diferenças na exploração de recursos alimentares entre os dois grupos. Também podem ser consideradas as diferenças metabólicas entre as duas ordens, havendo uma assimilação diferenciada dos itens alimentares.

Caswell et al. (1973) sugerem que, como regra geral, as plantas C_4 são um recurso de alimento mais pobre que as plantas C_3 , para herbívoros. Esses autores se basearam em algumas evidências de estudos com insetos, demonstrando haver uma tendência para os herbívoros evitarem as espécies de plantas C_4 . Isso acontece por causa da estrutura das células diferenciadas entre essas plantas, tornando as plantas C_3 mais degustáveis e com maior digestibilidade, além de possuírem maior valor nutritivo que as plantas C_4 .

Haines (1976) argumenta, no entanto, que os herbívoros podem preferir ou evitar certos tipos de plantas, mas isso não é aplicável para as espécies detritívoras, as quais assimilam o carbono das plantas indiretamente, através do consumo da microflora que cresce nos detritos das plantas mortas. Em seu estudo, as plantas C_4 sofreram decomposição mais rapidamente e suportaram uma maior biomassa microbiana que as plantas C_3 . Haines & Montague (1979) observaram que nos mangues da Georgia, os invertebrados apresentaram valores mais próximos da composição isotópica das plantas C_4 , sendo esta uma fonte de alimento mais nutritiva para os consumidores do mangue, do que o detrito oriundo

de plantas C₃.

Na bacia do rio Jacaré Pepira, encontram-se grandes extensões de plantações de cana (gramíneas C₄). Provavelmente, os resíduos dessas plantações seriam carregados constantemente para os corpos d'água. Todavia, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para os peixes não mostram teores de $\delta^{13}\text{C}$ típicos de plantas C₄. Parece que as gramíneas C₄ exercem pouca influência na alimentação dos peixes detritívoros desta bacia, sendo uma fonte de carbono sem importância para a cadeia alimentar. Supõe-se que esses animais não estejam escolhendo plantas C₃ ou C₄ no detrito, mas a seleção se daria no intestino, existindo uma menor digestibilidade das plantas C₄, o que aumentaria a importância relativa de outras fontes alimentares de mais fácil assimilação pelo peixe.

Hedges *et al.* (1986) afirmam que as gramíneas C₄, que são abundantes nas várzeas do rio Amazonas, não são os componentes principais do material particulado fino ou grosso do rio. Maier *et al.* (1986) estudaram a influência dos despejos de cana sobre a bacia do rio Jacaré Pepira, concluindo que a influência desses despejos é relativamente pequena, sendo a composição da água mais influenciada pelo ambiente físico (clima, rocha e solo).

Um leve enriquecimento de ^{13}C para os níveis mais altos da cadeia alimentar foi demonstrado por vários pesquisadores em ecossistemas marinhos (Fry & Parker, 1979; Rau *et al.*, 1983; Gearing *et al.*, 1984; e Rodelli *et al.*, 1984). No presente

estudo, os Characiformes de R I e R III apresentaram valores mais negativos de $\delta^{13}\text{C}$ do que as fontes alimentares amostradas, comportando-se de maneira contrária àquela descrita para ambientes de água salgada.

Talvez estes peixes estejam consumindo e digerindo seletivamente uma parte dos detritos que é mais empobrecida em ^{13}C e que podem ser bactérias quimioautotróficas, que vivem no material em decomposição. O sedimento não apresentou valores isotópicos tão negativos, provavelmente devido ao fato de essas bactérias estarem presentes em pequenas quantidades e também por os valores encontrados de $\delta^{13}\text{C}$ estarem mascarados pelo restante dos detritos vegetais que formam a grande massa do sedimento. Fry & Sherr (1984) mencionam que pouco é conhecido sobre bactérias autotróficas.

Odum (1983) afirma que muitos animais que se alimentam de detritos não conseguem digerir lignocelulose, obtendo energia principalmente da microflora contida nesse material. Rau & Hedges (1979) concluíram que as composições de $\delta^{13}\text{C}$ medidas para mexilhões que habitavam ambientes de água quente nos mares dos Galápagos, apresentavam pequena quantidade de ^{13}C (com valores variando entre -33.6 e -32.7 ‰). Esses valores eram muito mais baixos que os encontrados para os principais reservatórios marinhos de carbono orgânico. Esses autores sugeriram que a principal fonte de alimento para esses organismos não era derivada fotossinteticamente, mas vinha através de bactérias quimioautotróficas.

Peterson *et al.* (1980) propõem que a decomposição anaeróbica da matéria orgânica em mangues produza compostos de enxofre reduzidos que são importantes para o fluxo de energia. O sedimento suporta uma alta produção bacteriana que pode mascarar os resultados isotópicos. Os autores aconselham que se tome cuidado no uso dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ em casos que envolvam bactérias, na conversão de detritos vegetais em alimento para o uso animal. De acordo com os dados levantados por esses autores, a ação bacteriana pode alterar esses valores.

As bactérias utilizam o ^{12}C de preferência ao ^{13}C , levando a um enriquecimento do substrato orgânico residual de ^{13}C . Bactérias quimioautotróficas podem ter valores de $\delta^{13}\text{C}$ negativos variando entre -40 e $-20^\circ/\text{‰}$ (Rodelli *et al.*, 1984). Fry (1986), estudando cadeias alimentares em lagos meromíticos, encontrou valores de $\delta^{13}\text{C}$ para o bacterioplâncton, que variaram de -41.1 a $-30.9^\circ/\text{‰}$.

5.3. Conteúdo Estomacal X Isótopo:

O fato de os peixes não apresentarem variações estacionais nos valores de $\delta^{13}\text{C}$, mas de mostrarem diferenças entre as regiões, pode ser explicado por se tratar de ambientes aquáticos tropicais. As análises do conteúdo estomacal para os Characiformes também não demonstraram diferenças significativas entre as épocas do ano. Lowe-McConnell (1987) alega que, nesses ambientes, as mudanças estacionais no comprimento do dia e as

variações de temperatura são pequenas durante o ano. As mudanças no regime de vento e chuva é que podem causar alguma variação estacional. De acordo com Maier & Tolentino (1988), que estudaram aspectos climáticos e limnológicos do rio Jacaré Pepira, este apresenta comportamento característico de rio de pequeno porte; e os resultados dos parâmetros físico-químicos mostraram poucas diferenças que pudessem ser consideradas suficientes para definir um comportamento sazonal.

As flutuações encontradas entre os diversos itens alimentares nos estômagos dos peixes detritívoros, entre regiões e estações do ano, sugerem que os peixes estão explorando o ambiente de acordo com o que se encontra disponível. Isso provavelmente se deve à exploração de diferentes *micro-habitats* nas regiões estudadas, reforçando as diferenças isotópicas encontradas entre elas e sendo os peixes influenciados pelas características de cada uma.

McConnaughey & McRoy (1979b) afirmam que o conhecimento dos hábitos alimentares do animal é necessário para orientar as interpretações dos dados isotópicos. Esses dois tipos de dados são complementares, particularmente quando se trata da cadeia alimentar de detritos. Assim, o exame dos conteúdos estomacais serviu como uma ferramenta auxiliar das análises isotópicas, comprovando que as espécies estudadas são realmente detritívoras eurípagas, ou seja, esses peixes se alimentam dos detritos em geral de acordo com o ambiente, com um amplo espectro alimentar. No presente trabalho, a metodologia do exame direto do

conteúdo estomacal no microscópio não se mostrou, sozinha, adequada para a detecção da principal dieta dos peixes detritívoros.

Os resultados encontrados para os conteúdos estomacais não foram os mesmos encontrados para os valores de $\delta^{13}\text{C}$, obtidos para os Characiformes e Siluriformes. Provavelmente a análise do conteúdo estomacal mostra as relações encontradas naquele momento da amostragem, enquanto os valores de $\delta^{13}\text{C}$ mostram assimilações do alimento a longo prazo, não sendo uma taxa instantânea (veja Fry & Arnold, 1982).

Jackson & Harkness (1987) concluem em seu trabalho que estudos com $\delta^{13}\text{C}$ podem ajudar a determinar a dieta média de invertebrados a longo prazo. Eles alertam que análises de valores isotópicos de carbono não podem ser usados para determinar níveis tróficos. Onde os hábitos alimentares mudam rapidamente, essas análises podem não refletir isto adequadamente.

5.4. Problemas Metodológicos:

A análise estatística dos dados de conteúdo estomacal apresenta muitas dificuldades para sua interpretação. Peixes amostrados no mesmo tempo e lugar podem ter conteúdos estomacais completamente diferentes. Um peixe pode apresentar diferenças na dieta de acordo com a idade. Também podem existir diferenças diárias na alimentação, dependendo do alimento

disponível durante os diferentes períodos do dia. As diferenças estacionais encontradas na composição da dieta podem ser causadas pelas mudanças na disponibilidade do alimento no *habitat*. Ocorrem ainda alterações que variam com a biologia dos organismos predados e diferenças causadas pelas atividades de alimentação do próprio peixe. Além disso, os períodos de inundação de um rio asseguram o acesso dos peixes ao solo da mata, deixando disponível um novo ambiente para a procura de alimentos (Wootton, 1990).

A dieta de determinadas espécies de peixes contém muitas categorias alimentares, e algumas destas podem estar presentes em pequenas quantidades. Alguns componentes da alimentação podem ser digeridos rapidamente e não deixam indícios para que possam ser identificados. Outros permanecem identificáveis por longos períodos de tempo, como por exemplo insetos, larvas ou crustáceos, que possuem exoesqueleto de quitina. Como foi dito, os oligoquetas são completamente destruídos enquanto estão sendo ingeridos, e somente algumas cerdas podem permanecer no estômago do peixe. A importância desses alimentos pode ser subestimada pelo pesquisador. Um outro problema da análise do conteúdo estomacal é a passagem dos diversos itens pelo trato intestinal. Alguns deles são digeridos mais lentamente que outros, e a abundância dos itens alimentares não mostra as proporções da sua digestão (Windell & Bowen, 1978; e Wootton, 1990).

A detritivoria em peixes neotropicais de água doce é um assunto complexo. A contribuição nutricional dos itens

ingeridos é problemática neste tipo de estudo. O fato de esses peixes estarem sempre com os estômagos cheios e se alimentarem constantemente pode estar relacionado ao baixo valor nutricional dos itens ingeridos (Sazima & Caramaschi, 1989).

O longo tempo envolvido no processamento de grandes quantidades de estômagos, usando os métodos tradicionais (numérico, volumétrico ou gravimétrico) levou ao desenvolvimento de técnicas de avaliações subjetivas para se estimar a contribuição de cada categoria alimentar na dieta. A contribuição percentual dos itens alimentares no conteúdo total pode ser estimada visualmente. Contagens numéricas não são adequadas para conteúdos estomacais, quando plantas estão entre os principais componentes do alimento (Hyslop, 1980).

Na tentativa de minimizar as dificuldades envolvidas na análise estatística das amostras do conteúdo estomacal, foram usados índices de diversidade para comparar as dietas dos peixes. Cândido (1991) também empregou esses índices para analisar a diversidade de espécies de aves encontradas na borda de uma mata, situada em Rio Claro/SP. Para comparar as trilhas, os tipos de censos usados e os pontos amostrais, ele optou por uma análise de variância, usando os índices de diversidade calculados.

Esse mesmo autor argumentou que: "Na teoria, essas análises não poderiam ser realizadas, uma vez que o índice de diversidade não é um número exato, e sim uma estatística. No

entanto, o Prof. Dr. Ademir Petenate^{*1}, após estudar o assunto, chegou à conclusão de que as aproximações eram suficientemente acuradas para permitir sua utilização".

É muito difícil obter amostras puras de fitoplâncton e de algas perifíticas sem contaminação de outras fontes de carbono. Desta forma, os resultados encontrados para o COP e o perifíton ficaram obscurecidos pela contaminação. Tais problemas são comuns nesse tipo de estudo e podem ser mesmo considerados uma das principais limitações do método de isótopos estáveis. Existe também a dificuldade de amostrar o bacterioplâncton e bactérias quimioautotróficas presentes no sedimento. E se os peixes estiverem se utilizando de bactérias quimioautotróficas do sedimento, estas podem ficar mascaradas pelos detritos nele existentes.

Mozeto *et al.* (1988) usaram a técnica de isótopos de carbono para a quantificação da contribuição relativa das diferentes fontes de carbono orgânico para o sedimento da represa do Lobo (SP). Devido à ocorrência de mais de duas fontes potenciais de carbono, não foi possível avaliar a contribuição relativa de cada uma na composição isotópica dos sedimentos, por causa do uso de apenas um isótopo como traçador. Esse mesmo problema ocorreu no presente estudo, onde não se pode detectar qual a principal fonte de carbono do sedimento, devido à mistura

^{*1}O Prof. Dr. Ademir Petenate é Diretor Associado do Instituto de Matemática, Estatística e Ciências da Computação na Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP - Campinas/SP.

de várias fontes (COP, perifíton, macrófitas, gramíneas C₃ e C₄, plantas arbóreas e bactérias).

Existem muitos imprevistos na interpretação de dados isotópicos. Os mais importantes são alterações das composições de ¹³C/¹²C durante o metabolismo do animal. A respiração elimina seletivamente o ¹²C e retêm o ¹³C, fazendo com que a razão ¹³C/¹²C do carbono orgânico aumente durante o processo respiratório. Conseqüentemente, a razão ¹³C/¹²C aumenta enquanto o carbono passa através da cadeia alimentar (McConnaughey & McRoy, 1979a). Estoques de gordura do organismo, por outro lado, seletivamente retêm ¹²C. Tais fatores devem ser considerados quando se comparam animais e plantas diferentes (DeNiro & Epstein, 1977).

Como a matéria orgânica encontrada nas análises estomacais é de difícil reconhecimento, não fica claro se os peixes estão obtendo energia das fontes alimentares amostradas, ou diretamente, consumindo seus restos que sedimentaram, ou indiretamente, consumindo os restos de organismos em mais altos níveis tróficos. Como foi realçado por Araujo - Lima *et al.* (1986), os resultados encontrados para valores de $\delta^{13}\text{C}$ indicam apenas que o carbono nos peixes é derivado de uma cadeia alimentar, na qual o estágio inicial são as fontes autotróficas.

5.5. Sugestões:

Em R II existem fontes com altos valores de $\delta^{13}\text{C}$

(gramíneas $C_4 = -12\text{‰}$) e com baixos valores (gramíneas $C_3 = -34\text{‰}$). O uso de dois isótopos talvez elucidasse se a principal fonte é realmente o perifíton, ou se é uma combinação daqueles dois valores extremos. O mesmo pode ser afirmado para os Siluriformes capturados em R III, que caem na faixa isotópica de vários itens alimentares. Uma forma de aumentar a precisão na identificação das fontes de matéria orgânica, é empregar simultaneamente traçadores adicionais tais como isótopos de oxigênio, nitrogênio, hidrogênio e enxofre (Peters *et al.*, 1978; Fry *et al.*, 1983; Fry & Sherr, 1984; Peterson *et al.*, 1986; e Peterson & Fry, 1987).

Mozeto *et al.* (1988), estudando o sedimento da represa do Lobo (SP) concluíram que, além das análises de isótopos de ^{13}C nos diferentes materiais, é necessário fazer a avaliação da produção de biomassa de cada fonte potencial. Os autores também sugeriram a determinação da taxa de decomposição da matéria orgânica, para avaliar o quanto de cada fonte é realmente incorporado aos sedimentos e o uso de mais de um isótopo estável. O uso concomitante de ^{18}O da celulose proveniente da matéria orgânica das fontes terrestres e aquáticas permitiria essa diferenciação (A. A. Mozeto, com. pessoal).

Recomendam-se estudos para testar se a bacteriofauna dos sedimentos dos lagos da bacia do rio Jacaré Pepira possui realmente pouca quantidade de ^{13}C e se serve de fonte alimentar para os detritívoros. Culturas em laboratório de bactérias presentes nos sedimentos podem ainda clarear os resultados

isotópicos encontrados para os Characiformes de R I e R III. Sugerem-se ainda estudos mais detalhados envolvendo isótopos estáveis para as macrófitas aquáticas, na tentativa de determinar qual a principal fonte metabólica usada nessas plantas e como elas se comportam durante os diferentes períodos do ano.

6. CONCLUSÕES:

- O conteúdo estomacal dos peixes apresentou grandes proporções de material amorfo. Dos itens identificáveis, a classe das algas das Crysophytas foi predominante na maioria dos estômagos. Os animais, de forma geral, se apresentaram em pequenas proporções, provavelmente devido a uma alta digestibilidade destes organismos.
- Sendo R II um ambiente de fortes corredeiras, com pouco material em sedimentação, os resultados dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para as duas ordens de peixes detritívoros sugerem que estes exploraram principalmente o perifíton na alimentação.
- Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para os Characiformes em R I e R III não demonstraram a principal fonte de carbono desses peixes, por serem mais negativos que as fontes alimentares amostradas. Uma explicação possível para esse fenômeno seria que esses peixes estariam explorando uma outra fonte alimentar, ou seja, as bactérias quimioautotróficas, que possivelmente existem no sedimento dos ambientes estudados.
- Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados para os Characiformes e Siluriformes em R IV sugerem que estes peixes exploraram principalmente o COP, enriquecido em organismos fitoplanctônicos nessa região.
- As duas metodologias utilizadas para conhecimento da dieta dos

peixes detritívoros na bacia do rio Jacaré Pepira não apresentaram resultados semelhantes. Isso se deve ao fato de que a análise do conteúdo estomacal mostrou apenas o momento em que o peixe estava se alimentando, e os valores de $\delta^{13}\text{C}$ refletiram uma assimilação das fontes alimentares, a longo prazo, ou seja, o alimento estava sendo incorporado aos tecidos através do tempo. Contudo, a análise do conteúdo estomacal serviu como uma ferramenta auxiliar para as análises isotópicas.

- Pela análise do conteúdo estomacal, observaram-se diferenças entre as duas ordens de peixes quanto aos itens alimentares. Em R I, R II e R III, observou-se que os Characiformes e Siluriformes também não se sobrepuseram quanto aos valores isotópicos. Isso sugere partilha de recursos com a exploração de diferentes *micro-habitats* nos ambientes estudados.
- A cana de açúcar, cultura predominante na bacia do rio Jacaré Pepira, parece ter pouca influência nos peixes detritívoros que habitam esses corpos d'água. Supõe-se que os resíduos dessas plantas sejam uma fonte de energia não reaproveitável para os peixes. Esse fenômeno ocorre, provavelmente, devido a uma digestão diferenciada que não assimila plantas com via fotossintética do tipo C_4 .
- Pelos resultados obtidos neste trabalho, os peixes não apresentaram diferenças estacionais na alimentação, mas

diferenças locais. Isso foi principalmente demonstrado pelas análises de isótopos de carbono. Essas análises se mostraram mais adequadas para se detectar a dieta dos peixes detritívoros, do que o exame direto do conteúdo estomacal. Para a obtenção de melhores resultados, recomenda-se o uso de isótopos de outros elementos químicos, tais como o nitrogênio, enxofre, oxigênio e hidrogênio.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Araujo-Lima, C. A. R. M.; B. R. Forsberg; R. Vitória & L. A. Martinelli. 1986. Energy Sources for Detritivorous Fishes in the Amazon. Science, 234: 1256 - 1258.
- Barrella, W. 1989. Estrutura da comunidade de peixes da bacia do rio Jacaré Pepira (SP) em diferentes biótopos. Campinas, UNICAMP. (Tese de Mestrado).
- Bourrelly, P. 1966 - 1972. Les algues d'eau douce. Paris: N. Boubé & Cie., 3 v.Paris.
- Bowen, S. H. 1984. Detritivory in neotropical fish communities. In: Evolutionary ecology of neotropical freshwater fishes. Ed. T.M. Zaret. Dr W. Junk Publishers, The Hague.
- Bower, J. E. & J. H. Zar. 1984. Field & laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Publishers. Bubuque, Iowa.
- Britski, H. A. 1973. Peixes de água doce do estado de São Paulo. Sistemática. In: Poluição e piscicultura. Ed. Comis. Bacia Paraná - Uruguai, 79 - 108.
- Cândido, J. F., Jr. 1991. Efeito da borda da mata sobre a composição da avifauna em mata residual em Rio Claro - SP. Rio Claro, UNESP. (Tese Mestrado).

- Caswell, H.; F. Reed; S. N. Stephenson & P. A. Werner. 1973. Photosynthetic pathways and selective herbivory: a hypothesis. Amer. Natur., 107 (956): 465 - 480.

- Chapman, D. W. 1966. Food and space as regulators of salmonid populations in streams. Amer. Natur., 100 (913): 345 - 357.

- Deines, P. 1980. The isotopic composition of reduced organic carbon. In: Handbook of environmental isotope geochemistry. Ed. by P. Fritz & J. Ch. Fontes. Vol. 1. The Terrestrial Environment. A. Elsevier, Amsterdam. pp. 329 - 406.

- DeNiro, M. J. & S. Epstein. 1977. Mechanism of carbon isotope fractionation associated with lipid synthesis. Science, 197: 261 - 263.

- Edmondson, W. T. 1959. Fresh water biology. John Wiley & Sons, Inc. New York, London, Sydney.

- Ehleringer, J. R. & P. W. Rundel. 1988. 1. Stable isotopes: history, units, and instrumentation. In: Stable isotopes in ecological research. Ed. by P. W. Rundel; J. R. Ehleringer & K. A. Nagy. Springer - Verlag. New York, Berlin, Heidelberg, London, Paris, Tokyo.

- Esteves, F. A. 1988. Fundamentos de limnologia. Editora Interciência Ltda. Rio de Janeiro - Brasil.

- Fry, B. 1986. Sources of carbon and sulfur nutrition for consumers in three meromictic lakes of New York State. Limnol. Oceanog., 31 (1): 79 - 88.

- Fry, B.; A. Joern & P. L. Parker. 1978. Grasshopper food web analysis: use of carbon isotope ratios to examine feeding relationships among terrestrial herbivores. Ecology, 59 (3): 498 - 506.

- Fry, B. & P. L. Parker. 1979. Animal diet in Texas seagrass meadows: $\delta^{13}\text{C}$ evidence for the importance of benthic plants. Estuarine and Coastal Marine Science, 8: 499 - 509.

- Fry, B. & C. Arnold. 1982. Rapid $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ turnover during growth of brown shrimp (*Penaeus aztecus*). Oecologia, 54 (21): 200 - 204.

- Fry, B.; R. S. Scalan & P. L. Parker. 1983. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios in marine food webs of the Torres Strait, Queensland. Aust. J. Mar. Freshw. Res., 34: 707 - 715.

- Fry, B. & E. B. Sherr. 1984. $\delta^{13}\text{C}$ measurements as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystems. Contributions in Marine Science, 27: 13 - 47.

- Gearing, J. N.; P. J. Gearing; D. T. Rudnick; A. G. Requejo & M. J. Hutchins. 1984. Isotopic variability of organic carbon in a phytoplankton-based, temperate estuary. Geochimica et

Cosmochimica, 48: 1089 - 1098.

- Géry, J. 1977. Characoids of the world. Copyright, USA.
- Greger, P. D. & J. E. Deacon. 1988. Food partitioning among fishes of the Virgin River. Copeia, 2: 314 - 323.
- Haines, E. B. 1976. Relation between the stable carbon isotope composition of fiddler crabs, plants, and soils in a salt marsh. Limnol. Oceanogr., 21: 880 - 883.
- Haines, E. B. & C. L. Montague. 1979 Food sources of estuarine invertebrates analyzed using $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios. Ecology, 60 (1): 48 - 56.
- Hedges, J. I.; W. A. Clark; P. D. Quay; J. E. Richey; A. H. Devol & U. M. Santos. 1986. Compositions and fluxes of particulate organic material in the Amazon River. Limnol. Oceanogr., 31 (4): 717 - 738.
- Hoefs, J. 1987. Stable isotope geochemistry. Springer - Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo.
- Hynes, H. B. N. 1950. The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. The Journal of Animal Ecology, 19: 36 - 58.

- Hyslop, E. J. 1980. Stomach content analysis - a review of methods and their application. J. Fish Biol., 17: 411 - 429.
- Jackson, D. & D. D. Harkness. 1987. The use and interpretation of $\delta^{13}\text{C}$ values as a means of establishing dietary composition. Oikos, 48: 258 - 264.
- Keeley, J. E. 1988. Stable carbon isotopes in vernal pool aquatics of differing photosynthetic pathways. In: Stable isotopes in ecological research. Ed. by P. W. Rundel; J. R. Ehleringer & K. A. Nagy. Springer - Verlag. New York, Berlin, Heidelberg, London, Paris, Tokyo.
- Kitting, C. L.; B. Fry & M. D. Morgan. 1984. Detection of inconspicuous epiphytic algae supporting food webs in seagrass meadows. Oecologia, 62 (2): 145 - 149.
- LaZerte, B. D. 1983. Stable carbon isotope ratios: Implications for the source of sediment carbon and for phytoplankton carbon assimilation in Lake Memphremagog, Quebec. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 40: 1658 - 1666.
- Lowe-McConnell, R. H. 1987. Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge University Press. Cambridge, London, New York, New Rochelle, Melbourne, Sydney.
- Maier, M. H. 1983. Geoecologia, hidrografia, hidroquímica, clima e processos antrópicos da bacia do rio Jacaré Pepira

(SP). São Carlos, UFSCar. (Tese de Doutorado).

- Maier, M. H. & M. Tolentino. 1988. Aspectos climáticos e limnológicos da bacia do rio Jacaré Pepira, São Paulo, Brasil. Acta Limnol. Brasil., 11: 261 - 300.
- Maier, M. H. & M. Tolentino. 1986. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47°55" - 48°55'W e 22°30' - 21°55'S): fisiografia (geomorfologia, geologia, pedologia e hidrologia) e uso do solo. B. Inst. Pesca, 13 (1): 121 - 133.
- Maier, M. H.; M. Takino & M. Tolentino. 1986. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira: influência do uso do solo, da água e da descarga de efluentes sobre a qualidade da água (São Paulo - Brasil). B. Inst. Pesca, 13 (1): 153 - 178.
- Mann, K. H. 1975. Patterns of energy flow. In: Studies in ecology. Cap. 11. Vol. 2. River Ecology. Ed. by B. A. Whitton. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London, Edimburgh, Melbourne. pp. 248 - 263.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Ediciones Omega, S. A. / Platón, 26/ Barcelona - 6.
- Martinelli, L. A.; R. L. Victória; E. Matsui; B. R. Forsberg & A. A. Mozeto. 1988. Utilização das variações naturais de $\delta^{13}C$ no estudo de cadeias alimentares em ambientes aquáticos: princípios e perspectivas. Acta Limnol. Brasil, 2: 859 -

- McConnaughey, T. & C. P. McRoy. 1979a. Food-web structure and the fractionation of carbon isotopes in the Bering Sea. Marine Biology, 53: 257 - 262.
- McConnaughey, T. & C. P. McRoy. 1979b. ¹³C label identifies eelgrass (*Zostera marina*) carbon in an Alaskan estuarine food web. Marine Biology, 53: 263 - 269.
- Moss, B. 1988. Ecology of fresh waters. Man and medium. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London. Edinburgh, Boston, Melbourne.
- Moyle, P. B. & J. J. Cech Jr. 1988. Fishes. An introduction to ichthyology. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632. 2nd edition.
- Mozeto, A. A.; F. M. B. Nogueira & F. A. Esteves. 1988. Caracterização das fontes de matéria orgânica dos sedimentos da represa do Lobo (SP) através do uso da composição de carbono - 13. Acta Limno. Brasil. 11: 943 - 963.
- Odum, E. P. 1983. Ecologia. Ed. Guanabara S. A. Rio de Janeiro.
- O'Leary, M. H. & C. B. Osmond. 1980. Diffusional Contribution to carbon isotope fractionation during dark CO₂ fixation im

CAM plants. Plant. Physiol., 66: 931 - 934.

- Patrick, R. 1975. Structure of Stream Communities. In: Ecology and evolution of communities. Ed: M.L. Cody and J.M. Diamond. The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, and London, England.

- Peters, K. E.; R. E. Sweeney & I. R. Kaplan. 1978. Correlation of carbon and nitrogen stable isotope ratios in sedimentary organic matter. Limnol. Oceanogr., 23 (4): 598 - 604.

- Peterson, B. J.; R. W. Howarth; F. Lipschultz & D. Ashendorf. 1980. Salt marsh detritus: An alternative interpretation of stable carbon isotope ratios and the fate of *Spartina alterniflora*. Oikos, 34: 173 - 177.

- Peterson, B. J.; R. W. Howarth & R. H. Garrit. 1986. Sulfur and carbon isotopes as tracers of salt-marsh organic matter flow. Ecology, 67 (4): 865 - 874.

- Peterson, B. J. & B. Fry. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. Ann. Rev. Ecol. Syst., 18: 293 - 320.

- Pomeroy, L. R. 1980. Detritus and its role as a food source. In: Fundamentals of aquatic ecosystems. Cap. 5. Ed. by R. S. K. Barnes & K. H. Mann. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London, Edinburgh, Boston, Melbourne. pp. 84 - 102.

- Quirós, R. & C. Baigún. 1985. Fish abundance related to organic matter in the Plata River Basin, South America. Transactions of the American Fisheries Society, 114: 377 - 387.

- Rau, G. H. & J. I. Hedges. 1979. Carbon - 13 depletion in a hydrothermal vent mussel: suggestion of a chemosynthetic food source. Science, 203: 648 - 649.

- Rau, G. H.; A. J. Mearns; D. R. Young; R. J. Olson; H. A. Schafer & I. R. Kaplan. 1983. Animal $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ correlates with trophic level in pelagic food webs. Ecology, 64 (5): 1314 - 1318.

- Rodelli, M. R.; J. N. Gearing; P. J. Gearing; N. Marshall & A. Sasekumar. 1984. Stable isotope ratio as a tracer of mangrove carbon in Malaysian ecosystems. Oecologia, 61 (3): 326 - 333.

- Sazima, I. & E. P. Caramaschi. 1989. Comportamento alimentar de duas espécies de *Curimata*, sintópicas no Pantanal de Mato Grosso (Osteichthyes, Characiformes). Rev. Brasil. Biol., 49 (2): 325 - 333.

- Schäfer, A. 1985. Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais. Editora da Universidade, Porto Alegre/RS. Convênio com Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, GmbH, Eschborn (RFA).

- Smith, B. N. & S. Epstein. 1971. Two categories of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios for higher plants. Plant Physiol., 47: 380 - 384.

- Smith, F. A. & N. A. Walker. 1980. Photosynthesis by aquatic plants: effects of unstirred layers in relation to assimilation of CO_2 and HCO_3^- and to carbon isotopic discrimination. New Phytol., 86: 245 - 259.

- Snedecor, G. W. & W. G. Cochran. 1980. Statistical methods. The Iowa State University Press. Ames, Iowa, U.S.A.

- Sokal, R. R. & F. J. Rohlf. 1981. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. W. H. Freeman and Company. New York.

- Strebe, H. & D. Krauter. (1987). Atlas de los microorganismos de agua dulce. La vida en una gota de agua. Ediciones Omega, S. A. Barcelona.

- Takahashi, K.; E. Wada & M. Sakamoto. 1990. Carbon isotope discrimination by phytoplankton and photosynthetic bacteria in monomictic Lake Fukami-ike. Arch. Hydrobiol., 120 (2): 197 - 210.

- Velleman, P. F. & D. C. Hoaglin. 1981. Applications, basis, and computing of exploratory data analysis. Deesbury Press, Boston, USA.

- Vieira, S. & R. Hoffmann. 1988. Estatística experimental.
Editora Atlas S. A., São Paulo.

- Wetzel, R. G. & G. E. Likens. 1979. Limnological analyses. W.
B. Saunders Company. Philadelphia, London, Toronto.

- Wilkinson, L. 1990. SYGRAPH: The system for graphics.
Evanston, IL: SYSTAT, Inc.

- Wilkinson, L. 1990. SYSTAT: The system for statistics.
Evanston, IL: SYSTAT, Inc.

- Windell, J. T. 1971. Food analysis and rate of digestion. In:
Methods for assessment of fish production in fresh waters, pp.
215 - 226. (Ed. W. E. Ricker). Blackwell Scientific
Publications. Oxford, 348 pp.

- Windell, J. T. & S. M. Bowen. 1978. Methods for study of fish
diets based on analysis of stomach contents. In: Methods for
the assessment of fish production in fresh waters, pp. 219 -
226. (Ed. T. Bagenal). Blackwell Scientific Publications.
Oxford.

- Wootton, R. J. 1990. Ecology of teleost fishes. Chapman and
Hall. London, New York.

- Zar, J. H. 1984. Biostatistical analyses. Prentice - Hall,
Inc., Englewood Cliffs, N. J. 07632.

- Zaret, T. M. & A. S. Rand. 1971. Competition in tropical stream fishes: support for the competitive exclusion principle. Ecology, 52 (2): 336 - 342.