UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DAS FONTES PRIMARIAS DE ENERGIA PARA ICTIOFAUNA DO LAGO JAITÊUA, MANACAPURU, AM

Bolsista: Jesaías Ismael da Costa. FAPEAM

MANAUS-AM
2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO PARCIAL

PIB-A-0056/2009

CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DAS FONTES PRIMARIAS DE ENERGIA PARA ICTIOFAUNA DO LAGO JAITÊUA, MANACAPURU, AM

Bolsista: Jesaías Ismael da Costa, FAPEAM
Curso: Engenharia de Pesca
Orientadora: Prof[a]. Dr[a]. Ana Cristina Belarmino de Oliveira
Unidade executora: Faculdade de Ciências Agrárias
Renovação: Sim

Ass. Orientador: _____

Ass. Bolsista: _____

MANAUS
2010

SUMÁRIO

RESUMO **6**
1 INTRODUÇÃO **7**
2 OBJETIVOS **8**
2.1 Objetivo geral 8
2.2 Objetivos específicos 8
3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA **8**
3.1 Isótopos de carbono 8
3.2 Isótopos de nitrogênio 9
3.3 Balanço de massa 10
3.4 Fontes de energia da ictiofauna 11
4 MATERIAL E METÓDOS **13**
4.1 Coleta de dados 13
4.1.1 Plâncton 13
4.1.2 Macrófitas aquáticas e árvores da floresta alagada 14
4.1.3 Ictiofauna 14
4.2 Preparação das amostras em laboratório 14
4.3 Análise isotópica 15
4.4 Análise estatística 15
4.6 Determinação da contribuição relativa 15
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO **16**
6 CONCLUSÃO **21**
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS **22**
8 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES **25**

Lista de Tabelas e Figuras

Tabela 1. Valor isotópico das fontes primária de energia no período de seca e cheia. . 16

Tabela 2 – Valores médios, desvio padrão (S) de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$, comprimento padrão (L) e peso (W) dos peixes no período de seca e cheia. 17

Tabela 3 – Valores médios de contribuição relativa (%) no período cheia. 18

Tabela 4 – Valores médios de contribuição relativa no período seca..... 18

Figura 1 – Contribuição das fontes primárias de energia para as espécies estudadas nos períodos de seca e cheia..... 20

RESUMO

CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DAS FONTES DE ENERGIA PARA ICTIOFAUNA DO LAGO JAITÊUA, MANACAPURU, AMAZONAS, BRASIL

Na Amazônia são conhecidos aproximadamente 1.400 espécies de peixes, onde 100 são exploradas comercialmente. Essa grande riqueza de espécies esta relacionada à variedade de habitats existentes, e as áreas alagadas dos rios de águas brancas, as várzeas, são as mais produtivas. Nesses ambientes os peixes dependem direta ou indiretamente da matéria orgânica produzida pelos produtores primários, que sustentam e controla produção de peixes de um ecossistema. Assim este trabalho tem por objetivo determinar a contribuição das fontes primárias de energia para as principais espécies de peixes do lago Jaitêua. O estudo foi realizado no lago Jaitêua, um lago de várzea no médio Solimões, onde foram coletadas e caracterizadas conforme valores de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ amostras de produtores primários e dez espécies de importância comercial. Na cheia o fitoplâncton foi à fonte mais importante para sete das dez espécies estudadas, apresentando sua maior contribuição na biomassa de *Hypophthalmus edentatus* (77,8%), onde para *Triportheus angulatus e Schizodon fasciatus* a principal fonte foram às macrófitas C_3 a vegetação riparia da floresta alagada com contribuição de 30,9% e 33,2%, respectivamente. Havendo também neste período uma elevada participação da vegetação ripária para *Mylossoma. duriventre* (30,3%), *T. angulatus* (30,3%) *e S. fasciatus* (32,4%). No período de seca o fitoplâncton constituiu a principal fonte primária de energia para *C. monoculus* (91,2%), *P. flavipinnis* (71,0%), *P. squamosissimus* (56,3%), *P. nigricans* (85,1%), *S. insignis* (83,7%) e *T. angulatus* (54,8%). As macrófitas C_3 foram à principal fonte de energia para *C. macropomum* (49,5%) e *M. durivente* (48%), enquanto que macrofitas C_4 foi à fonte de menor importância para as espécies estudadas, apresentando baixos valores de contribuição que não ultrapassaram de 17,8% para *M. duriventre*. O fitoplâncton é a fonte primária de energia que sustenta a maioria das populações das espécies estudadas. Com participação relevante da vegetação ripária da floresta alagada e macrófitas C3 para todas as espécies nos períodos de cheia e seca respectivamente.

Palavras Chave: Contribuição relativa; fonte de energia; ictiofauna

1 INTRODUÇÃO

Na Amazônia são conhecidos aproximadamente 1.400 espécies de peixes, dessas, 100 são exploradas comercialmente (IBAMA, 2007). Essa grande riqueza de espécies esta relacionada à variedade de habitats existentes (VARI & MALABARBA, 1998), onde as áreas alagadas dos rios de águas brancas, as várzeas, são as mais produtivas (BAYLEY & PETRERE, 1989). A grande riqueza de espécies resulta em um intenso interesse da população humana pelos recursos pesqueiros tornando-os a principal fonte de proteína dessas comunidades na região Amazônica, refletindo no registro do maior consumo de peixes per capita do mundo (IBAMA, 2000).

A disponibilidade de energia é um dos principais fatores que controla a produção pesqueira e seu conhecimento através do estudo de alguns aspectos da dinâmica do carbono no sistema e na biota com base na composição isotópica é uma importante ferramenta para realização do manejo de populações pesqueiras (ARAUJO-LIMA et al., 1986).

Os peixes dependem direta ou indiretamente da energia dos produtores primários, que são à base das cadeias alimentares conhecidas, pois disponibilizam para os demais níveis tróficos o carbono que produzem (SANTOS, 2009). Estes são compostos por organismos capazes de sintetizar a matéria orgânica a partir de energia, sais minerais e gás carbônico (MARENCO E LOPES 2005).

A grande maioria dos estudos de ecologia alimentar da ictiofauna na região Amazônia é baseada em resultados quantitativos da dieta (REZENDE ET AL, 2008). Que fornecem importantes informações para o entendimento das inter-relações da biota direcionando as ações mitigadoras para as alterações antrópicas nos ecossistemas. Este método fornece informações sobre a presa e o predador, indicando os possíveis itens alimentares ingeridos, mas não efetivamente os incorporados pelo organismo animal. Portanto não se leva em consideração a taxa de digestão das presas, além da dificuldade de identificação de itens amorfos, indicando apenas uma fotografia momentânea da dieta, raramente considerando a assimilação das presas, e muitas vezes menosprezando as presas raras (REZENDE ET AL, 2008). Diferentemente o método isotópico tem sido utilizado por permitir a quantificação correta e a determinação da real importância das fontes de energia para a manutenção dos estoques pesqueiros (ARAÚJO-LIMA et al. 1986; FORSBERG et al. 1993; BENEDITO-CECILIO et al. 2000; OIVEIRA et al. 2006)

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Determinar a contribuição das fontes primárias de energia da ictiofauna com base na composição isotópica de carbono e nitrogênio, identificando as fontes mais importantes para as principais espécies de peixes do lago Jaeteua, Manacapuru, Amazonas, Brasil.

2.2 Objetivos específicos

a) Identificar as fontes potenciais de alimento para as principais espécie da ictiofauna;

b) Determinar a contribuição relativa das fontes primárias para as principais espécie da ictiofauna;

3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

O método isotópico baseia-se na determinação da razão entre o isótopo pesado e o leve da matéria orgânica. Cada matéria orgânica apresenta uma razão característica ou "sinal isotópico" especifico que é expresso em delta por mil para permitir a visualização das diferenças nos valores isotópicos, tendo em vista que a variação é muito pequena. Conforme a matéria orgânica circula no ecossistema é transformada por ações físicas, químicas ou biológicas sofrendo um fracionamento isotópico previsível. O que permite sua utilização como traçadora dos caminhos dos elementos na cadeia alimentar até a sua deposição no tecido animal (DeNIRO & EPSTEIN, 1981; MARTINELLI *et* al., 1988).

Para a utilização dos isótopos estáveis como metodologia em estudos de ecologia alimentar é necessário que as fontes que compõem a dieta do animal em questão sejam isotopicamente distintas (DeNIRO & EPSTEIN, 1981; MARTINELLI *et* al., 1988). Os isótopos estáveis mais utilizados em estudos ecológicos são os isótopos de carbono e nitrogênio.

3.1 Isótopos de carbono

O isótopos estáveis de carbono são os ^{12}C e ^{13}C, e a relação entre o $^{13}C/^{12}C$ fornece a razão isotópica que em comparação com o padrão internacional (para o carbono é o fóssil de *Belemnitella americana* da formação Peedee da Carolina do Sul-USA) fornece a composição isotópica, que é única e utilizada para a determinação da origem e destino da matéria orgânica, ou seja, da fonte de energia (MARTINELLI, 1988).

Segundo DeNiro & Epstein (1978) o valor da composição isotópica de carbono do consumidor reflete o da sua dieta, com um incremento de 1‰ por nível trófico. A matéria orgânica apresenta diferença em sua composição isotópica, em função da forma de fixação do CO_2, onde as plantas C_3 (ciclo de Calvim) sintetizam inicialmente um composto orgânico com três átomos de carbono e discriminam mais o ^{13}C em relação ao ^{12}C promovendo um maior fracionamento, resultando em valores mais empobrecidos ou mais negativos por volta de -27‰ como observado por Araujo-Lima *et.* al (1986) e Martinelli (1988), já as plantas C_4 que sintetizam um composto orgânico com quatro átomos de carbono discriminam menos ^{13}C em relação ao ^{12}C promovendo um menor fracionamento quando comparado com as plantas C_3 o que gera valores mais enriquecidos ou mais positivos em torno de -12 ‰ também evidenciado por Araujo-Lima *et.* al (1986) e Martinelli (1988). Marenco e Lopes (2005) observaram que a via fotossintética C_3 inclui a maioria das árvores, arbustos entre vegetais superiores de médio e grande porte, sendo a via C_4 observada na grande maioria das gramíneas tropicais. Alem das vias C_3 e C_4 existe também plantas que realizam fotossíntese por meio do Ciclo do Ácido Crassuláceo ou intermediário (MAC ou CAM), apresentando um sistema de fixação de CO_2 especializado, destinado principalmente, a manter um balanço relativamente positivo de carbono nos tecidos e $\delta^{13}C$ em faixas intermediárias àquelas dos outros ciclos (MARTINELLI *et* al. 2009).

3.2 Isótopos de nitrogênio

Assim como os isótopos estáveis de carbono os isótopos estáveis de nitrogênio do consumidor refletem o da sua dieta, com um incremento de 3,4 ‰ por nível trófico (MINAGAWA & WADA, 1984).

A razão entre o $^{15}N/^{14}N$ em comparação com um padrão (o N_2 atmosférico) fornece a composição isotópica. Diferenciada a partir dos produtores primários em fixadores ou não de nitrogênio (MARENCO E LOPES 2005). Onde os fixadores apresentam valores mais empobrecidos de $\delta^{15}N$ do que aquelas que não fixam o nitrogênio molecular.

O isótopo de nitrogênio é uma importante ferramenta para formação de modelagens de níveis tróficos em ecossistemas já que a utilização de dados de biomassa e produção de cada nivel trófico são bastante criticados, tendo em vista que alguns organismos se alimentam simultaneamente em um mesmo nível trófico (REZENDE *et* al. 2008).

3.3 Balanço de massa

Os modelos de balanço de massa são utilizados para determinar a proporção assimilada de uma determinada fonte por um animal. Martinelli et al (1988) abordando os princípios e perspectivas da utilização das variações naturais de $\delta^{13}C$ no estudo de teias alimentares em ambientes aquáticos descreve o método de diluição isotópica que utiliza apenas a variação natural dos isótopos de carbono. Utilizado para quantificar a proporção assimilada das fontes em situações que existem apenas duas fontes distinta isotopicamente e o valor de $\delta^{13}C$ do produto apresente um valor intermediário ao das fontes. Entretanto esse método não é aplicável em casos com mais duas fontes de carbono, sendo preciso o uso de um segundo isótopo ou algum outro traçador que possa distinguir uma fonte da outra e identifica-las no produto. Mesmo com limitação esse método foi utilizado por Forsberg *et* al. (1993), Manetta *et* al. (2003) para determinar a fonte de energia dos peixes.

Com a necessidade de determinar a contribuição de mais fontes, Phillips (2001) desenvolveu o linear mixim model ou modelo de mistura linear. Esse é um modelo de equilíbrio de mistura de massa que utiliza dois isótopos para determinar a contribuição de três fontes, partindo dos pressupostos que: a composição isotópica dos tecidos do produto é igual à média ponderada da composição isotópica dos componentes da dieta; duas (A e B) das três (A,B e C) fontes devem conter exatamente a mesmo relação de carbono e nitrogênio; todos os itens alimentares são assimilados com a mesma eficiência; são isótopos completamente homogeneizados no corpo do consumidor, antes da síntese tecidual. Entretanto alguns desses pressupostos são irreais como relatado por Rio & Wolf (2005)

Phillips & Koch (2002) ampliaram o linear mixing model, incluindo como fonte de variação, além das diferenças no sinal isotópico entre as fontes, a concentração dos elementos dos isótopos empregados e o desvio padrão. Este modelo é aplicável na determinação da contribuição de três fontes alimentares, com considerável diferença nas concentrações elementares de C e N. Entretanto, as espécies da região amazônica em sua maioria tem a disponibilidade de mais de três fontes, o que dificulta ou inviabiliza a utilização dessa metodologia.

Phillips & Gregg (2003) propuseram um modelo que permite a estimativa da contribuição relativa de fontes proporcionais a uma mistura, com base nos valores de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$. Diferentemente dos modelos anteriores, neste é possível se investigar até

dez fontes alimentares, sendo assim, uma importante ferramenta aplicável em estudos com peixes de regiões tropicais que apresentam um amplo espectro alimentar.

3.4 Fontes de energia da ictiofauna

A utilização de apenas um dos isótopos, carbono e nitrogênio podemos prever uma mensuração da fonte de energia e da posição trófica respectivamente, mas ao utilizarmos conjuntamente podemos saber qual a fonte de energia e em que nível trófico esta está sendo consumida e qual o elo entre estes (FURUYA *et* al., 2002; MANETTA & BENEDITO-CECILIO *et* al., 2003; DUCATTI, 2007). Calheiros (2003) investigando a influência do pulso de inundação na composição isotópica das fontes de energia em planície de inundação no rio Paraguai no Pantanal - MS caracterizou não apenas os produtores primários, mas também invertebrados. Nos quais os valores da composição isotópica das fontes observadas para os produtores primários variaram entre -33,5 a -25,4 ‰ (média=-29,5 ± 1,6‰) para $\delta^{13}C$ e -2,0 a 9,9 ‰ (média=3,5 ± 2,2 ‰) para $\delta^{15}N$ nas plantas C_3 e para as plantas do ciclo C_4 os valores de $\delta^{13}C$ variaram de -15,3 a -11,4 ‰ (média= -12,3 ± 1,0 ‰) e os de $\delta^{15}N$ de -1,3 a 6,9 ‰ (média= 4,0 ± 2,3‰) corroborando a diferença do sinal de carbono entre as plantas C_3 e C_4, enquanto que para o sinal isotópico de nitrogênio houve distinção somente entre plantas fixadoras de N e as não fixadoras de N.

Furuyai *et* al (2002) utilizaram a abundância natural de isótopos estáveis de ^{13}C de itens alimentares para determinar a contribuição destes no crescimento de *Pseudoplatystoma corruscans*, mostrando que alguns itens foram subestimados na análise de conteúdo estomacal, pois apresentavam pouca dominância. Entretanto através da técnica de isótopos estáveis foi evidenciada a real importância de Chironomidea que apresentou uma contribuição relativa de 10,76% em sua biomassa, um valor bem acima do encontrado na análise de conteúdo estomacal que obteve uma taxa de dominância de x□ = 3,16%. Segundo Forsberg *et* al (1993) baixas taxas de dominância de determinados itens alimentares são evidenciadas pelo fato de os compostos encontrados nos estômagos são as partes menos digestíveis da dieta. Considerando que os itens ingeridos apresentam composições químicas distintas, o que implica em diferentes velocidades de digestão e consequentemente incertezas na identificação do item realmente assimilado (MANETTA & BENEDITO-CECILIO 2003).

Araújo-Lima *et* al (1986) determinou a contribuição das fontes autotróficas de energia para peixes detritívoros no rio Amazonas, encontrando valores de -12,9‰, -

27,6‰, -26,8‰ e -27,6‰ para macrófitas C_4, macrófitas C_3, perifiton e árvores riparianas respectivamente. Este autor concluiu que a principal fonte para *Semaprochilodus taeniurus, Potamorhina altamazonica, Prochilodus nigricnas, Psectrogaster rutilioides* e *Potamorhina latior* é o fitoplâncton.

Martinelli (1988) mostrando a utilização das variações naturais de $\delta^{13}C$ no estudo de cadeias alimentares demonstrou que as plantas C_4 e C_3 distinguem-se isotopicamente, apresentando valores de -12‰ e -27‰ respectivamente. Forsberg *et* al (1993) identificaram o fitoplâncton e as macrófitas C_3 como a principal fonte de energia para peixes de importância comercial, sendo as macrófitas C_3 a fonte primária de energia para 34 espécies de peixes na Amazônia Central, estes encontraram valores de 33,3‰, -28, 8‰, -26,2‰, -27,6‰ e -12,8‰ para fitoplâncton, floresta alagada, perifiton, macrófitas C_3 e macrófitas C_4 respectivamente.

Benedito-ceclio *et* al. (2000) determinou e quantificou a energia obtida par varias espécies em trechos do rio Amazonas e Solimões, onde para o *Mylossoma duriventri* na seca, o fitoplâncton foi a principal fonte de energia (51-52%), havendo participação de plantas C_3 (22%) e plantas C_4 (26-27%). Já para o período de cheia a principal fonte foram às plantas C_4 (46%) seguida de fitoplâncton (41-42%) e plantas C_3 (12-13%). Para o *Colossoma macropomum* sua energia é oriunda principalmente do fitoplâncton participando com até 87% da energia obtida no período de seca em alguns trechos do rio Solimões. Entretanto sua segunda fonte basal de energia varia de acordo como o ciclo hidrológico, onde na seca as plantas C_4 (9-38%) são mais importantes que as plantas C_3 (4%), invertendo a situação no período de cheia onde as plantas C_3 (38%) são mais importantes que as plantas C_4 (10%). Resultado semelhante foi encontrado para o *Semaprochilodus insignis* que possui como fonte basal mais importante o fitoplâncon (54-88%), seguido de plantas C_3 (0-46%) e palntas C_4 (0-13%) em todos os períodos hidrológicos e para o *Prochilodus nigricans* que possui também como fonte basal de energia principal o fitoplânton, alçando em alguns trechos do rio Solimões particiõ de 100% como fonte de energia, sendo as plantas C_3 a segunda fonte de maior importância variando sua contribuição de 0 a 80 em alguns trechos e em ambos os períodos. Já as plantas C_4 apresentaram participação variando entre 0 a 33%.

Oliveira et al. (2006) determinou a contribuição das fontes autotróficas para 6 espécies do lago camaleão, concluindo que a principal fonte para essas espécies são as plantas C3 da Floresta alagada para todos os períodos hidrológicos, sendo que o fitoplâncton-seston apresentou sua maior contribuição no período de seca para

Colossoma macropomum (47%), *Triportheus angulatus* (36%) *e Prochilodus nigricans* (36%).

4 MATERIAL E METÓDOS

O estudo foi realizado no lago JaitêuaGrande, sendo este um lago de várzea, no médio Solimões, próximo do município de Manacapuru. As coletas foram realizadas nas excursões do Projeto "Biologia e Ecologia de Peixes de Lago de Várzea: Subsídios para Conservação e Uso dos Recursos Pesqueiros da Amazônia", com MCT/CNPq /PPG7, nos períodos de seca (novembro e dezembro de 2006) e cheia (maio e julho de 2007). No período de cheia devido ao aumento do nível da água há uma maior variedade de ambientes a serem explorados pela ictiofauna, sendo realizadas as coletas junto as margem da floresta alagada, nos bancos de macrófitas aquáticas e em ambiente de água aberta. No período de seca com a retração das águas as coletas foram realizadas tanto quanto possível no mesmo local das coletas da cheia. Os dados de composição isotópica das fontes primarias de energia foram obtidos do Projeto de PIBIC/PIB-A-0028.

4.1 Coleta de dados

Os dados de composição isotópica dos peixes foram obtidos no banco de dados do projeto "Biologia e Ecologia de Peixes de Lago de Várzea: Subsídios para Conservação e Uso dos Recursos Pesqueiros da Amazônia", com MCT/CNPq /PPG7 e as fontes de primarias de energia foram obtidos do Projeto de PIBIC/PIB-A-0028. As coletas do material biológico foram realizadas com equipamentos específicos para cada grupo:

4.1.1 Plâncton

Nas coletas de plâncton foram utilizadas redes com abertura de 20 μm que eram lançadas na água a certa distância do bote, permitindo o arrasto sub-superficial em baixa velocidade e obtenção de amostras concentradas, com volume de aproximadamente 20 litros.

As amostras de água no laboratório de campo foram então submetidas a um processo de filtragem em uma bateria de oito peneiras com malhas de 500 μm; 300 μm; 120 μm; 80 μm; 60 μm; 30 μm; 20 μm e 10 μm, com a finalidade de obter amostras puras. Nesse processo as amostras de água foram filtradas em um balde de 20 litros iniciando a bateria com as malhas de 500 μm até a rede 30 μm. As amostras resultante da filtragem da malha de 30 μm passou pelo processo de filtragem na malha de 20 μm

com o auxílio de um aparelho de sucção a vácuo (modelo Aspiramax), repetindo o mesmo para a malha de 10 μm. Todas as amostras foram refrigeradas e transportadas até o laboratório – LAMPAQ/UFAM.

4.1.2 Macrófitas aquáticas e árvores da floresta alagada

Das plantas presentes no ecótono entre o sistema terrestre e o aquático foram retiradas porção de folhas, talos, raiz e inflorescência compondo uma amostra homogênia da planta. Pela importância de frutos na dieta de peixes, esses foram coletados compondo a amostra referencial da planta. Foram preparadas exsicatas para a identificação correta das espécies por especialistas e comparação do material do Herbário do INPA e UFAM.

4.1.3 Ictiofauna

Da ictiofauna do local do presente estudo foram selecionados 10 espécies de peixes de importância econômica (GARCEZ, 2009) e que represente todos os níveis tróficos (SANTOS, 2009), sendo estas: *Colossoma macropomum, Colossoma macropomum-sec, Cichla monoculus, Mylossoma duriventri, Plagioscion squamosissimu,Schizodon fasciatum,Semaprochilodus insignis, Triportheus angulatus, Pellona flavipinnis, Hypophthalmus edentatus*. Os exemplares foram coletados com baterias de malhadeiras com tamanho de malhas de 30 a 160 mm entre nós, expostas durante um período de 24 horas, com despescas em intervalos de 6 horas. Os peixes capturados foram identificados com auxílio de chaves taxonômicas, pesados e medidos com precisão de 0,1 g e 0,1 cm e etiquetados. Dos exemplares das espécies de peixes capturadas foram retiradas amostras do músculo dorsal, que foram etiquetadas e armazenadas em sacos plásticos. Após este processo os peixes foram refrigerados e transportados ao laboratório de Matérias Primas Aquícolas da Universidade Federal do Amazonas (LAMPAQ-UFAM).

4.2 Preparação das amostras em laboratório

No LAMPAQ-UFAM as amostras de plâncton e músculo dorsal foram secas em estufa de circulação forçada a 55°C e moídas em almofariz com pistilo até a forma de pó fino. As amostras de plantas foram submetidas a um processo de limpeza com água destilada e trituração com o auxilio de um processador e quando necessário foi utilizado o pistilo e almofariz para obtenção de um pó fino. Todas as amostras depois de

trituradas foram armazenadas em recipientes plásticos para análise de composição isotópica de carbono e nitrogênio.

4.3 Análise isotópica

As composições isotópicas em carbono e em nitrogênio das amostras foram determinadas a partir da tomada de uma alíquota de aproximadamente um miligrama de amostra. As análises isotópicas foram realizadas no Laboratório de Ecologia Isotópica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – USP (Universidade de São Paulo), através da combustão das amostras sob fluxo continuo de hélio, em um analisador elementar (Carlo Erba, CHN – 1110) acoplado ao espectrômetro de massas (Thermo Finnigan Delta Plus). Os gases CO2 e N2, resultantes da combustão das amostras, foram analisadas em duplicata, com erro analítico de 0,3‰ e 0,5‰, respectivamente. As razões isotópicas "R" são expressas pela notação delta (δ), em partes por mil (‰), dos padrões internacionais, PDB para carbono e ar atmosférico para nitrogênio.

Os dados foram tabulados, as fontes agrupadas por categorias e a ictiofauna por espécie.

4.4 Análise estatística

Foi realizada análise estatística descritiva em termos de média e desvio padrão utilizando os resultados das composições isotópicas das fontes alimentares. A análise estatística foi realizado com auxilio do software STATISTIC 6.0.

4.6 Determinação da contribuição relativa

A determinação das fontes energia para as espécies a partir dos dados de composição isotópica do projeto de PIBIC/PIB-A-0028/09, não foi possível ser realizado pelo modelo proposto por Phillips & Koch (2002), devido ao elevado aspecto alimentar das espécies amazônicas que geralmente possuem mais que as três possíveis fontes de energia que o modelo pode calcular. Logo para os cálculos de estimativas relativas foi utilizado o programa IsoSource® 1.3.1 (disponível em http://www.epa.gov/wed/pages/models/isosource) que permite calcular a contribuição de até 10 fontes. Com este software foram calculados valores médios de contribuição para cada fonte com um incremento e a tolerância padronizados em 1% e 0,05 respectivamente, como proposto por Christensen & Moore (2009).

Com a filtragem do plâncton foi possível obter amostras de fitoplâncton e zooplânton, entretanto as amostras de fitoplâncton estavam impuras. Logo o valor

isotópico de fitoplancton foi estima com base no valor de zooplâncton, realizando a correção de 1‰ para $\delta^{13}C$ que correspondente ao fracionamento isotópico sofrido como relatado por DeNiro e Epstein (1978). Para o período de seca a participação da vegetação riparia-VR da floresta alagada foi considerada igual a zero, pois neste período a ictiofauna não possui acesso a esta fonte.

Os valores isotópicos das fontes utilizadas para determinação da contribuição relativa estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Valor isotópico das fontes primária de energia no período de seca e cheia.

Fontes	$\delta^{15}N$ (‰)	$\delta^{13}C$(‰)
Cheia		
Macrofitas C3	3,46	-29,27
Macrofitas C4	6,62	-11,29
Vegetação riparia C3	3,17	-29,02
Fitoplâncton	-	-39,51
Seca		
Macrofitas C3	5,10	-29,32
Macrofitas C4	8,43	-12,69
Fitoplâncton	-	-35,21

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As dez espécies de peixes (n=101) foram caracterizadas conforme valores de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$, nos períodos de seca (n=50) e cheia (n=51) (Tabela 2). O *Mylossoma duriventre* foi à espécie mais empobrecida e *Hypopphthalmus edentatus* a mais enriquecida em $\delta^{13}C$ em ambos os períodos de coleta. Para o $\delta^{15}N$ a espécie mais enriquecida foi *Plagioscion squamosissimus* na seca e cheia. E as espécies mais empobrecidas foram *M. duriventre* e *P. nigricans* na seca e cheia respectivamente (Tabela 2). Santos (2009) estudando também estas espécies sugeriu que elas possuem diversas fontes primárias de carbono e estreita faixa entre os níveis tróficos da cadeia trófica do lago.

Tabela 2 – Valores médios, desvio padrão (S) de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$, comprimento padrão (L) e peso (W) dos peixes no período de seca e cheia.

Espécies	N	δ15N(‰)	S	δ13C(‰)	S	L	W
Cheia							
Colossoma macropomum	5	7,86	0,5	-30,38	1,8	18,5	235,2
Cichla monoculus	2	10,54	0,7	-31,61	0,7	21,0	165,0
Hypophthalmus edentatus	8	9,49	0,4	-36,61	1,4	28,8	215,1
Mylossoma duriventri	5	5,87	0,9	-27,41	1,4	15,9	212,8
Pellona flavipinnis	5	10,06	0,3	-32,55	1,0	19,3	102,5
Plagioscion squamosissimus	5	11,94	0,9	-31,29	1,7	22,9	202,8
Prochilodus nigricans	1	6,21		-34,73		30,5	811,0
Schizodon fasciatum	7	8,09	0,9	-29,38	1,3	23,1	246,9
Semaprochilodus insignis	5	6,12	0,6	-32,10	1,4	16,5	129,4
Triportheus angulatus	9	8,64	0,9	-30,07	2,1	18,6	104,7
Seca							
Colossoma macropomum	4	7,15	0,3	-34,45	1,1	23,0	412,2
Cichla monoculus	5	9,45	0,7	-29,15	1,2	27,7	454,4
Hypophthalmus edentatus	3	9,33	0,3	-36,02	1,2	25,3	179,9
Mylossoma duriventri	5	6,71	1,1	-28,39	0,5	11,4	74,0
Pellona flavipinnis	5	10,06	0,3	-32,55	1,0	19,8	104,4
Plagioscion squamosissimus	4	11,14	0,6	-31,15	2,6	25,6	196,3
Prochilodus nigricans	10	5,95	0,4	-33,83	1,4	18,5	174,4
Schizodon fasciatum	4	8,24	0,9	-30,23	1,5	18,0	148,8
Semaprochilodus insignis	1	9,98		-33,73		16,0	122,0
Triportheus angulatus	8	8,51	0,4	-31,05	1,3	10,1	26,3

Os resultados de contribuição das fontes no período de cheia, determinam que o fitoplâncton foi à fonte mais importante para sete das dez espécies estudadas (Tabela 3), apresentando sua maior contribuição na biomassa de *Hypophthalmus edentatus* (77,8%). Para *Triportheus angulatus e Schizodon fasciatus* a principal fonte foram às macrófitas C_3 e a vegetação ripária da floresta alagada com contribuição de 30,9% e 33,2%, respectivamente. Também foi observada neste período uma elevada participação da vegetação ripária em *M. duriventre* (30,3%), *T. angulatusI*(30,3%) *e S. fasciatus*(32,4%).

Com a invasão da água na floresta no período de cheia, há um aumento na diversidade de habitats e consequentemente de fontes de energia para a ictiofauna. Este fato é refletido na participação da vegetação riparia da floresta alagada como fonte primária de energia para todas as espécies estudadas, confirmando a importância das áreas de floresta alagada na alimentação das espécies amazônicas, evidenciada também por Claro-Jr et al. (2004) e Oliveira (2006).

A vegetação riparia da floresta alagada apresentou sua maior contribuição para o My*lossoma durivente* (30,3%), entretanto os valores de contribuição das demais fontes para esta espécie são elevados (tabela 3)

Tabela 3 – Valores médios de contribuição relativa (%) no período cheia.

Espécie	Fontes			
	M C_3	M C_4	VR C_3	Fito
Cichla monoculus	25,9	9,2	25,4	39,5
Colossoma macropomum	29,9	10,6	29,3	30,2
Hypophthalmus edentatus	9,9	3,3	9,0	77,8
Mylossoma duriventre	30,1	20,7	30,3	18,9
Pellona flavipinnis	22,8	8,1	22,4	46,7
Plagioscion squamosissimus	27,0	9,6	26,4	37,0
Prochilodus nigricans	15,9	5,5	15,4	63,2
Schizodon fasciatus	33,2	11,8	32,4	22,6
Semaprochilodus insignis	24,5	8,6	23,6	43,3
Triportheus angulatus	30,9	11,0	30,3	27,8

No período de seca o fitoplâncton constituiu a principal fonte primária de energia para *C. monoculus* (91,2%), *P. flavipinnis* (71,0%), *P. squamosissimus* (56,3%), *P. nigricans* (85,1%), *S. insignis* (83,7%) e *T. angulatus* (54,8%). As macrófitas C_3 foram à principal fonte de energia para *C. macropomum* (49,5% de contribuição) e *M. durivente* (48% de contribuição), enquanto que macrofitas C_4 foi à fonte de menor importância para as espécies estudadas, apresentando baixos valores de contribuição que não ultrapassaram de 17,8% para *M. duriventre* (Tabela 4), este mesmo padrão também foi observado por Forsberg et al. (1993) e Oliveira et al. (2006).

Tabela 4 – Valores médios de contribuição relativa no período seca.

Espécie	Fonte			
	M C_3	M C_4	VR C_3	Fito
Cichla monoculus	7,3	1,5	-	91,2
Colossoma macropomum	49,5	14,0	-	36,5
Hypophthalmus edentatus	-	-	-	-
Mylossoma duriventre	48,0	17,8	-	34,2
Pellona flavipinnis	23,2	5,8	-	71,0
Plagioscion squamosissimus	34,8	8,9	-	56,3
Prochilodus nigricans	11,9	3,0	-	85,1
Schizodon fasciatus	42,5	11,0	-	46,5
Semaprochilodus insignis	13,2	3,1	-	83,7
Triportheus angulatus	36,2	9,0	-	54,8

O fitoplâncton é a fonte primária de energia mais importante para maioria das espécies estudadas no complexo do lago Jaitêua em ambos os período hidrológicos, corroborando com os resultados encontrados na bacia do rio Solimões para *S. insignis*, *H. edentatus* e *P. nigricans* por Forsberg et al. (1993). Semelhantemente Araújo-Lima et al. (1986) concluíram que o fitoplâncton foi a principal fonte primária de energia para as espécies detritívoras mais consumidas na Amazônia central, das quais o *P. nigricans* faz parte. Resultados encontrados por Benedito-cecilio et al (2000) em trechos do rio

Solimões e Amazonas também indicam o fitoplâncton como a fonte primária mais importante para *P. nigrincans*, *S. insignis* e *C. macropomum* nos períodos de seca e cheia, e para o *M. duriventre* no período de seca. Resultado este também corroborado por Oliveira et al. (2006) para *C. macropomum* no período de seca.

Para o *H. edentatus* no período de seca o programa não detectou nenhuma participação das fontes primárias, o que sugere a obtenção por parte desta espécie de uma fonte que não esteja entre as coletadas e identificadas neste trabalho. Houve uma variação entre os períodos de seca e cheia na participação das fontes para as espécies, sendo esta diferença facilmente visualizados na figura 1.

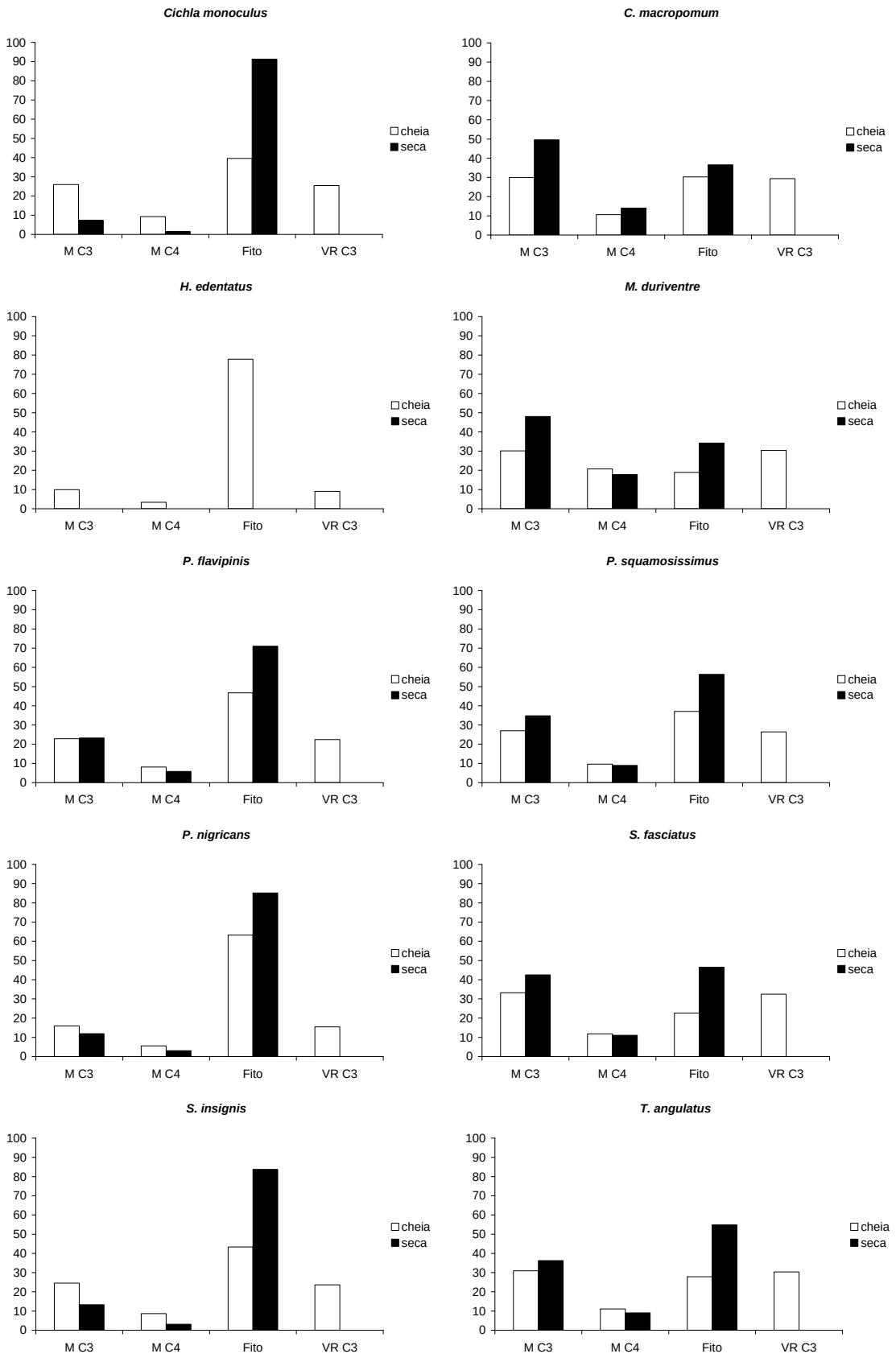

Figura 1 – Contribuição das fontes primárias de energia para as espécies estudadas nos períodos de seca e cheia.

6 CONCLUSÃO

O fitoplâncton é a fonte primária de energia que sustenta a maioria das populações das espécies estudadas. Com participação relevante da vegetação ripária da floresta alagada e macrófitas C3 para todas as espécies nos períodos de cheia e seca respectivamente.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ARAUJO-LIMA, C. A R. M; FORSBERG, B. R.; Victória, R.; MARTINELLI, L. A. Energy sources for detritivorous fishes in the Amazon. Science, v.234, p.256-1258, 1986.

BAYLEY, P.B. & PETRERE Jr, M. Amazon Fisheries: Assessment methods, current status and management options, pp. 385-398. 1989.

BENEDITO-CECILIO, E.; ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M.; FORSBERG, B.R.; BITTENCOURT, M.M. Carbon sources of Amzonian fisheries. Fisheries Management na Ecology, v.7: 305-315, 2000.

CALHEIROS, D. F. Influência do pulso de inundação na composição isotópica ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$) das fontes primárias de energia na planície de inundação do rio Paraguai (Pantanal – MS). Tese de Doutorado – Centro de Energia Nuclear na Agricultura. 164p. Piracicaba, 2003.

CHRISTENSEN, D. R. ; MOORE, B. C. Using stable isotopes and a multiple-source mixing model to evaluate fish dietary niches in a mesotrophic lake. Lake and Reservoir Management, 25(2):167-175, 2009.

CLARO-JR, L.; FERREIRA, E.; ZUANON, J.; ARAÚJO-LIMA, C. O efeito da floresta alagada na alimentação de três espécies de peixes onívoros em lagos de várzea da Amazônia Central, Brasil. Acta Amazônica, v.34(1), p.133-137, 2004.

DeNIRO , M. J.; EPSTEIN, S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 42, p.495-506, 1978.

DeNIRO, M. J. & EPSTEIN, S. Influence of the diet on the distribuition of nitrogen isotopes in animais. Geochemical et Cosmochimica Acta, v.45: p.341-351. 1981.

DUCATTI, C. Aplicação dos isotópos estáveis em aqüicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia,* v.36, suplemento especial, p.01-10, 2007.

FORSBERG, B. R.; ARAUJO-LIMA, C. A R. M.; MARTINELLI, L. A.; VICTÓRIA, R. L.; BONASSI, J. A. Autotrophic carbon sources for fish of the Central Amazon. Ecology, v.74, p.643-652, 1993.

FURUYA, V. B.; HAYASHI, C.; FURUYA, W. M.; DUCATTI, C. Abundância natural de isótopo estável de carbono (^{13}C) de alguns itens alimentares e sua contribuição de juvenis de pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz, 1829) (Osteichthyes, Pimelodidae). Acta Scientiarum, v. 24(2), p.493-498, 2002.

GARCEZ, R. C. S. Distribuição espacial da pesca no lago grande de manacapuru (amazonas) – bases para subsidiar políticas de sustentabilidade para a pesca regional. Tese (MSc) – Universidade Federal do Amazonas. 106 p. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. Estatística da Pesca 1998 Brasil: Grandes Regiões e Unidades da Federação. Tamandaré:. Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste – CEPENE, 96 p, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. Estatística da Pesca 2007 Brasil: Grandes Regiões e Unidades da Federação. Brasília:. Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Norte ─ CEPNOR, 151 p, 2007.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. Fisiologia Vegetal; fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: UFVC, 451 p. 2005

MANETTA, G. I. & BENEDITO-CECILIO, E. Aplicação da técnica de isótopos estáveis na estimativa do *turnover* em estudos ecológicos: uma síntese. Acta Scientiarum: Biological Sciences. v. 25 (1), p. 121-129, 2003.

MARTINELLI, L. A.; VICTÓRIA, R. L.; MATSUI, E.; FORSBERG, B. R.; MOZETO, A. A. Utilização das variações naturais de $\delta^{13}C$ no estudo de cadeias

alimentares em ambientes aquáticos: princípios e perspectivas. Acta Limnológica Brasileira, v.11, p.859-882. 1988.

MATINELLI, L.A.; OMETTO, J.P.H.B.; FERRAZ, E.S.; VICTORIA, R.L.; CAMARGO, P. B.; MOREIRA, M.Z. Desvendando questões ambientais com isótopos estáveis. 144 p. São Paulo: Ofina de Textos, 2009.

MINAGAWA, M.; WADA, E. Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: Further evidence and the relation between $\delta^{15}N$ and animal age. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v.28, p.1155-1164, 1984.

OLIVEIRA, A. C. B.; SOARES, M. G.; MARTINALLI, L. A.; MORREIRA, M. Z. Carbon Sourcers of fish in an Amazonian floodplain lake. Aquatic Sci. v.68, p.229-238, 2006.

PHILLIPS, D. L. Mixing models in analyses of diet using multiple stable isotopes: a critique. Oecologia, v.127, p.166-170, 2001.

PHILLIPS, D. L.; KROCH, P. L. Incorporating concentration dependence in stable isotope mixing models. Oecologia, v.130, p.114-125, 2002.

PHILLIPS, D. L.; GREGG J. W. Source partitioning using stable isotopes: coping with too many sources. 136:261–269, 2003.

REZENDE, C. F.; CARAMASCHI, E. M. P.; MAZZONI. R. Fluxo de Energia em comunidades aquáticas, com ênfase em ecossistemas lóticos. *Oecol. Brasiliense.,* 12 (4): 626-639, 2008.

RIO C. M. DEL & WOLF, B. O. Mass-Balance Models for Animal Isotopic Ecology in: Physiological and ecological adaptations to feeding in vertebrates, ed. Science Publishers, New Hampshire, pp. 141-174, 2005.

SANTOS , F.A. Estrutura trófica de peixes do lago Grande, Manacapuru, AM com base nos isótopos estáveis de C e N. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-

Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos da Universidade Federal do Amazonas. 68p. 2009

VARI, R. P. & MALABARBA, L. R. Neotropical Ichthyology: An Overview in Phylogeny And Classification Of Neotropical Fishes. 1. ed. PORTO ALEGRE: EDIPUCRS, 1998. 603 p.

8 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Nº	Descrição	Ago 2009	Set	Out	Nov	Dez	Jan 2010	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
1	Levantamento Bibliográfico	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
2	Plotação dos valores de fontes e peixes para escolha das fontes para as espécie de peixe	R	R										
3	Seleção das fontes para calculo de contribuição para cada espécie de peixe da ictiofauna			R	R	R							
4	Ajuste do fator de fracionamento trôfico					R	R						
5	Calculo da contribuição relativa das fontes selecionadas para as respectivas especies							R	R	R			
6	Analise dos dados										R	R	
7	- - Elaboração do Resumo e Relatório Final (atividade obrigatória) - Preparação da Apresentação Final para o Congresso (atividade obrigatória)												R

P – Previsto
R – Realizado