

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO**



**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO PROCESSO DE EUTROFIZAÇÃO NO  
DESENVOLVIMENTO DO ECOSISTEMA DO LAGO PARANOÁ, COM O USO  
DO ECOPATH**

**Helivania Sardinha dos Santos**

**Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Angelini**

**GOIÂNIA - GO - BRASIL**

**2007**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO**

**Helivania Sardinha dos Santos**

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO PROCESSO DE EUTROFIZAÇÃO NO  
DESENVOLVIMENTO DO ECOSISTEMA DO LAGO PARANOÁ, COM O USO  
DO ECOPATH**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução do Instituto de Ciências biológicas da Universidade Federal de Goiás, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Evolução.

**Orientador: Profº. Dr. Ronaldo Angelini**

**GOIÂNIA – GO – BRASIL**

**2007**

## **AGRADECIMENTOS**

À UFG pelo programa de pós-graduação em Ecologia e Evolução

Aos professores do programa pelos ensinamentos

Ao professor Dr. Ronaldo Angelini por todo ensinamento a mim transmitido, pela atenção, mesmo à distância, e pela paciência. Trabalhar com o senhor neste período foi muito gratificante.

Ao Msc. Éder Gubiane por me receber em Maringá (UEM-Nupélia) e me ajudar em uma etapa tão importante do trabalho. Você foi indispensável na realização desta dissertação.

À CAESB na pessoa do Professor Dr. Fernando Starling, por fornecer a maior parte dos dados para realização deste trabalho.

À UNB na pessoa da Professora Dra. Maria Fernanda, por fornecer os estômagos para a análise do último período do trabalho.

Aos professores Dr. Afonso e Dr. Francisco Garro da UCG, que disponibilizaram o laboratório para as análises do conteúdo estomacal.

À Camila e Daniela que auxiliaram nestas análises.

À UEG – UnU de Iporá, por também disponibilizarem o laboratório para a finalização das análises.

Aos meus pais, Arnóbis e Maria, por tudo o que fizeram e fazem por mim. Se estou aqui hoje, devo à vocês.

Às minhas irmãs, Vania e Vanessa, pelo apoio e carinho. Amo vocês.

Aos colegas de mestrado, pelos momentos agradáveis, tensos, de angústia e de muita alegria. Vocês são muito especiais.

## ÍNDICE

<b>1. Introdução .....</b>	<b>01</b>
<b>2. Material e Métodos .....</b>	<b>04</b>
<b>2.1 Área de Estudo .....</b>	<b>04</b>
<b>2.2 O Modelo .....</b>	<b>05</b>
<b>2.3 Informações produzidas pelo Ecopath .....</b>	<b>07</b>
<b>2.3.1 Atributos de Odum .....</b>	<b>07</b>
<b>2.3.2 Matriz de Leontief, Ascendência e Overhead.....</b>	<b>08</b>
<b>2.4 Período Eutrofizado .....</b>	<b>08</b>
<b>2.4.1 1978/1979 .....</b>	<b>09</b>
<b>2.4.2 1987/1988 .....</b>	<b>09</b>
<b>2.4.3 1998- Ecossondagem.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4.4 O Modelo Eutrofizado.....</b>	<b>12</b>
<b>2.5 Período Oligotrofizado.....</b>	<b>15</b>
<b>3. Resultados .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Período Eutrofizado .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Período Oligotrofizado.....</b>	<b>20</b>
<b>4. Discussão .....</b>	<b>23</b>
<b>5. Conclusão .....</b>	<b>25</b>
<b>6. Referências .....</b>	<b>27</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1- Espécies capturadas no Lago Paranoá no período de 12/12/1978-20/06/1979 .....</b>	<b>09</b>
<b>Tabela 2- Espécies coletadas no período de dezembro de 1987 à julho de 1988.....</b>	<b>10</b>
<b>Tabela 3- Espécies capturadas no período de 7 à 23 de julho de 1998.....</b>	<b>11</b>
<b>Tabela 4- Compartimentos para peixes e respectivas espécies para a modelagem do período Eutrofizado .....</b>	<b>13</b>
<b>Tabela 5- Fonte dos dados utilizados em cada compartimento para a modelagem do Período Eutrofizado, do Lago Paranoá.....</b>	<b>14</b>
<b>Tabela 6- Compartimentos para peixes e respectivas espécies para a modelagem do período Oligotrofizado.....</b>	<b>15</b>
<b>Tabela 7- Fonte dos dados utilizados em cada compartimento para a modelagem do período Oligotrofizado, do Lago Paranoá.....</b>	<b>16</b>
<b>Tabela 8- Parâmetros estimados para as espécies ocorrentes no Lago Paranoá período Eutrofizado. B- Biomassa (T/Km<sup>2</sup>); L<sub>∞</sub> - comprimento máximo em (cm); PB – produção por biomassa; QB – consumo por biomassa; Ar – área da nadadeira caudal; a – b - parâmetros de relação peso comprimento (<math>W = a * L^b</math>) .....</b>	<b>17</b>
<b>Tabela 9- Parâmetros estimados para os compartimentos não peixes ocorrentes no Lago Paranoá no período Eutrofizado. B- Biomassa; PB – produção por biomassa; QB – consumo por biomassa .....</b>	<b>17</b>
<b>Tabela 10- Composição da dieta (em %) das espécies estudadas no período Eutrofizado.....</b>	<b>18</b>

**Tabela 11- Parâmetros básicos do Ecopath do Lago Paranoá- Período Eutrofizado. B, biomassa; PB, produção por biomassa; QB, consumo por biomassa; EE, eficiência ecotrófica. Valores entre parênteses foram calculados pelo Ecopath. .... 19**

**Tabela 12- Parâmetros estimados para as espécies ocorrentes no Lago Paranoá- Período Ologotrofizado.  $L_{\infty}$  - comprimento máximo em (cm); PB – produção por biomassa; QB – consumo por biomassa;  $A_r$  – área da nadadeira caudal; a – b - coeficientes de relação peso comprimento ( $W= a*L^b$ )..... 20**

**Tabela 13- Parâmetros estimados para os compartimentos não peixes ocorrentes no Lago Paranoá no período Oligotrofizado. B- Biomassa; PB – produção por biomassa; QB – consumo por biomassa ..... 20**

**Tabela 14- Índice alimentar (IAi) dos principais recursos utilizados pelas espécies de peixes coletadas no período Oligotrofizado. (moa – matéria orgânica animal, ins – inseto, ben – bentos, alg – algas, veg – vegetação, des – detrito/sedimento, pei – peixes) ..... 21**

**Tabela 15- Composição da Dieta (em %) das espécies estudadas no período Oligotrofizado.....21**

**Tabela 16- Parâmetros básicos do Ecopath do Lago Paranoá- Período Oligotrofizado. B, biomassa; PB, produção por biomassa; QB, consumo por biomassa; EE, eficiência ecotrófica. Valores entre parênteses foram calculados pelo Ecopath ..... 22**

**Tabela 17- Atributos dos modelos do Lago Paranoá . A tendência esperada refere-se a teoria de amadurecimento de ecossistemas (Odum, 1969) ..... 23**

## RESUMO

Modelos matemáticos são ótimos instrumentos de integração de informações e dados de um determinado ambiente e podem servir também para testar hipóteses sobre o sistema. O lago Paranoá é um reservatório que foi construído, juntamente com Brasília, para ser fonte de lazer na nova capital, mas passou por um grande processo de eutrofização que se estendeu durante décadas desde a chegada dos novos moradores à cidade. Para reverter este quadro e recuperar o lago foram instaladas as ETE's Norte e Sul, mas isso só foi conseguido com a adoção da técnica de ecoidrologia (“flushing”), no final de 1998. Para proceder a análise deste ecossistema, utilizou-se a modelagem matemática através do programa Ecopath. Avaliou-se este ecossistema em dois períodos distintos: o eutrofizado, com a elaboração de um modelo com dados de um período que vai de 1978-1998, e o atual, oligotrofizado (após o “flushing”) também apresentada em um modelo com dados do ano de 2005. Os resultados indicam que o ambiente sempre apresentou baixa riqueza de espécies, sendo que a maioria destas espécies é proveniente de peixamentos realizados desde sua construção. Quando se avalia estas duas realidades em 2 períodos de estudos, pode-se observar, segundo os atributos de Odum (1969) e Christensen & Pauly (1993), que o lago apresentou período de razoável resiliência justamente na fase de eutrofização. Após a instalação das ETE's, principalmente após o “flushing”, que eliminou a camada superficial da água do lago e conseqüentemente a biomassa algal, levando assim à uma queda dos altos valores de clorofila-a, pudemos observar menor estabilidade.

*Palavras-chave:* Ecossistemas aquáticos, Modelagem matemática, Ecopath, Lago Paranoá, Reservatórios.

## **ABSTRACT**

Mathematical models are good tools to integrate information and data about ecosystem and can also serve to test hypotheses on the system. The Paranoá lake is a reservoir constructed, in Brasilia (Brazil's capital), to be source of entertainment, but it happened a great process of eutrophication that maintained for decades since the arrival of the new inhabitants to the city. To reverse this framework and recover the lake were installed as ETE's north and south, but it was only achieved with the adoption of the technique of ecoidrology ( "flushing"), at the end of 1998. To carry out analysis of this ecosystem, it was used a mathematical modeling through the program Ecopath. It was evaluated this ecosystem into two distinct periods: the eutrophic, with the development of a model with data from a period from 1978-1998, and current, oligotrophic (after the "flushing") also presented in a model with the data year 2005. The results indicate that the environment always showed low species richness, and the majority of these species is introduced made since its construction. When evaluating these two realities in 2 periods of study, you can see, according to the attributes of Odum (1969) and Christensen & Pauly (1993), that the lake showed reasonable period of resilience just at the stage of eutrophication. After installation of ETE's, especially after the "flushing" that removed the surface layer of water of the lake and therefore the algal biomass, thus leading to a fall of high values of chlorophyll-a, we have seen less stability.

*Key-words:* Aquatic ecosystems, Mathematical modeling, Ecopath, Paranoá lake, Reservoirs.

## 1 INTRODUÇÃO

Ecossistema é qualquer unidade que abranja todos os organismos que funcionam em conjunto (a comunidade biótica) numa dada área, interagindo com o ambiente físico de tal forma que um fluxo de energia produza estruturas bióticas claramente definidas e uma ciclagem de materiais entre as partes vivas e as não-vivas (ODUM, 1988).

A energia é um conceito chave para entender os ecossistemas. O que quer que aconteça no mundo pode-se descrever como a transferência de energia de um lugar para outro, ou a transformação da mesma. Particularmente todos os processos biológicos envolvem uma ou várias formas de energia. Isso levou ao desenvolvimento de inúmeras hipóteses, conjecturas e teorias sobre a relação entre a termodinâmica e os processos ecológicos (MÅNSSON & MCGLADE, 1993).

Muitos autores admitem que os ecossistemas evoluem e desenvolvem-se. De acordo com Odum (1983), um ponto chave do papel da energia está no desenvolvimento dos ecossistemas que envolve mudanças na estrutura das espécies (sucessão ecológica) e processos da comunidade ao longo do tempo. As mudanças podem ocorrer por interações internas (predação, competição) ou, até forças externas ao sistema (entrada/saída de nutrientes, por exemplo).

Odum (1969) descreveu 24 atributos para compreender o desenvolvimento dos ecossistemas. As tendências são avaliadas contrastando os estágios inicial e posterior. A velocidade da taxa de mudança e o tempo requerido para alcançar um estado de maturidade variam com clima, história de vida das espécies, com as interações existentes entre elas e com a influência externa. Teoricamente um ecossistema mais maduro é capaz de suportar mais e maiores impactos, pois sua capacidade de resiliência ou homeostase é maior.

Um ecossistema pode ser conceituado também como uma rede trófica (a troca de energia apenas entre os componentes bióticos) e a quantificação destas redes permite avaliar o estágio de amadurecimento do ecossistema. Atualmente ao invés de usar apenas os 24 atributos de Odum (1969), é possível utilizar as chamadas propriedades emergentes, que por serem macroscópicas, analisam o sistema como um “todo”, e são dependentes das inter-relações e, portanto, conseqüências dos processos auto-reguladores no sistema (MÜLLER, 2007; ANGELINI & AGOSTINHO, 2005a; ANGELINI, 2002a).

Para quantificar um ecossistema usam-se os modelos matemáticos. Os modelos são

construídos para organizar a compreensão dos sistemas e idéias, avaliar os dados observados, fornecer o entendimento das ligações entre os componentes, definir os problemas e mais freqüentemente, eles são desenvolvidos para previsão das alterações dinâmicas ao longo do tempo.

A modelagem de sistemas vem ganhando espaço, devido à crescente necessidade de respostas imediatas em face de problemas globais que não podem ser analisados e preditos sem uma ferramenta holística que seja hábil para organizar fenômenos complexos. Além disso, parece ser uma metodologia importante para determinar um valor de capacidade-suporte, ou mesmo de rendimento máximo sustentável do ambiente (ANGELINI, 2002a; ANGELINI, 2000). Um ponto importante está no fato de que atualmente muitas destas pesquisas têm sido focadas em ecossistemas explorados, ajudando assim no seu monitoramento (CHRISTENSEN & PAULY, 2004).

A abordagem ecossistêmica permite uma avaliação holística do ambiente e por isto é adequada para sistemas aquáticos como reservatórios que, em geral, apresentam padrões verticais e horizontais das variáveis físicas, químicas e biológicas que influenciam diretamente a composição, a estrutura e a dinâmica da assembléia de peixes presentes no sistema (OLIVEIRA & GOULART, 2000).

Tradicionalmente a modelagem de ecossistemas aquáticos tem se concentrado em lagos por serem sistemas quase fechados em termos de ciclagem de materiais, o que facilita o exercício de modelagem. Outras razões estão ligadas a problemas associados ao manejo como a eutrofização destes corpos d'água, que vem aumentando principalmente em países desenvolvidos (CHRISTENSEN & PAULY, 1993).

Tundisi (1999) descreve os reservatórios como uma rede complexa entre os organismos e o seu ambiente físico-químico, resultante de permanentes processos de respostas às funções de forças climatológicas e aos efeitos produzidos pela manipulação do sistema na barragem. Reservatórios também são caracterizados pela instabilidade gerada pela mudança do status de rio às condições lacustres que geram eutrofização devido à decomposição de material vegetal e a entrada de nutrientes de fonte externa, em especial, esgoto doméstico. Isto causa alterações na composição da ictiofauna e no desenvolvimento da pesca (VILLANUEVA *et al.*, 2006).

A exemplo do que aconteceu no mundo, os represamentos brasileiros tinham, inicialmente, objetivos restritos, de forma que na maioria foram destinados ao abastecimento de água e irrigação, especialmente no Nordeste. A produção de energia

elétrica também foi a destinação dada a alguns reservatórios a partir do século XIX. Durante as últimas décadas, além de atender à demanda energética, os reservatórios têm sido utilizados, ainda que de forma incipiente e não planejada, com a finalidade de controle de vazão, recreação (pesca esportiva, praias artificiais e esportes náuticos), navegação, abastecimento de água, destinação de efluentes urbanos e pesca profissional (AGOSTINHO *et al*, 2007; JÚLIO-JÚNIOR *et al*, 2005).

Atualmente, maioria dos represamentos é destinada à produção de energia elétrica, porém, os múltiplos usos podem comprometer a qualidade da água, provocando muitas vezes a eutrofização, que, em geral, prejudica as espécies nativas favorecendo as espécies invasoras, e alterando a cadeia trófica do ecossistema (TAKEDA *et al*, 2005). A abordagem científica e ecossistêmica é necessária, pois permite a compreensão dessa dinâmica e o estabelecimento de uma política de manejo visando aos usos múltiplos do reservatório (TUNDISI, 2007).

No Brasil, as principais bacias hidrográficas do sul e do sudeste foram reguladas pela construção de inúmeros reservatórios para a geração de hidreletricidade, constituindo grandes impactos na qualidade e quantidade das águas dos rios. Ao mesmo tempo isto suportou o desenvolvimento econômico e o progresso da infra-estrutura, principalmente nessas regiões (TUNDISI, 2007).

Agostinho *et al*. (2007) consideram a ictiofauna de reservatórios como o resultado da introdução de espécies e da seleção promovida pelos impactos do represamento sobre a comunidade original. A introdução de espécies pode ocorrer de forma natural, ou através da ação do homem e tem influência marcante sobre a biodiversidade, pois ao se estabelecerem, impactam as originais, podendo levá-las à extinção, através da competição, predação e introdução de patógenos e parasitas (ARAÚJO & SANTOS, 2001; DELARIVA & AGOSTINHO, 1999).

O reservatório (lago) Paranoá em Brasília foi construído em 1959 e tinha como objetivo servir de lazer para os futuros habitantes da cidade, mas logo começou a sofrer grandes problemas principalmente pela ocupação desordenada de suas margens e pelo lançamento de esgotos em suas águas (WALTER, 2000). Os maiores problemas acarretados foram: a eutrofização, caracterizada pelo crescimento exagerado de organismos aquáticos autotróficos, particularmente algas planctônicas (fitoplâncton) e macrófitas, o assoreamento e a contaminação das águas. Segundo Nogueira (1991), a associação entre a eutrofização e a excessiva produção fitoplanctônica é tão direta que é utilizada por vários

autores como a própria definição de eutrofização.

Para tentar solucionar estes problemas, em 8 de abril de 1969, foi criada a CAESB, Companhia de Águas e Esgotos de Brasília (FONSECA, 2001; PADOVESI – FONSECA & PHILOMENO, 2004; ELMOOR – LOUREIRO et al. 2004). Mas foi somente a partir de 1993, com a inauguração das ETEs Norte e Sul e com a coleta e tratamento em nível terciário dos esgotos gerados em sua bacia de drenagem, que foi dado o passo decisivo para resgatar os usos previstos para o Lago Paranoá quando da sua concepção, especialmente recreação e paisagismo.

Observou-se que em ambientes lóticos, o aumento de fósforo causa incremento na biomassa de algas, mas quando a entrada deste nutriente é reduzida, o processo de recuperação do sistema é lento, pois a comunidade de algas se ajusta e algumas espécies oligotróficas passam a ser dominantes. No lago Paranoá em Brasília, mesmo após a instalação e funcionamento das ETEs, que diminuíram significativamente a entrada de fósforo, continuou com altos valores de clorofila-a que só foram plenamente reduzidos com a adoção da técnica de ecologia denominada “flushing”, no final de 1998, a partir da abertura repentina das comportas, que eliminou a camada superficial da água do lago e conseqüentemente a biomassa algal, que se auto-sustentava num processo de retro-alimentação (STARLING *et al.*, 2005).

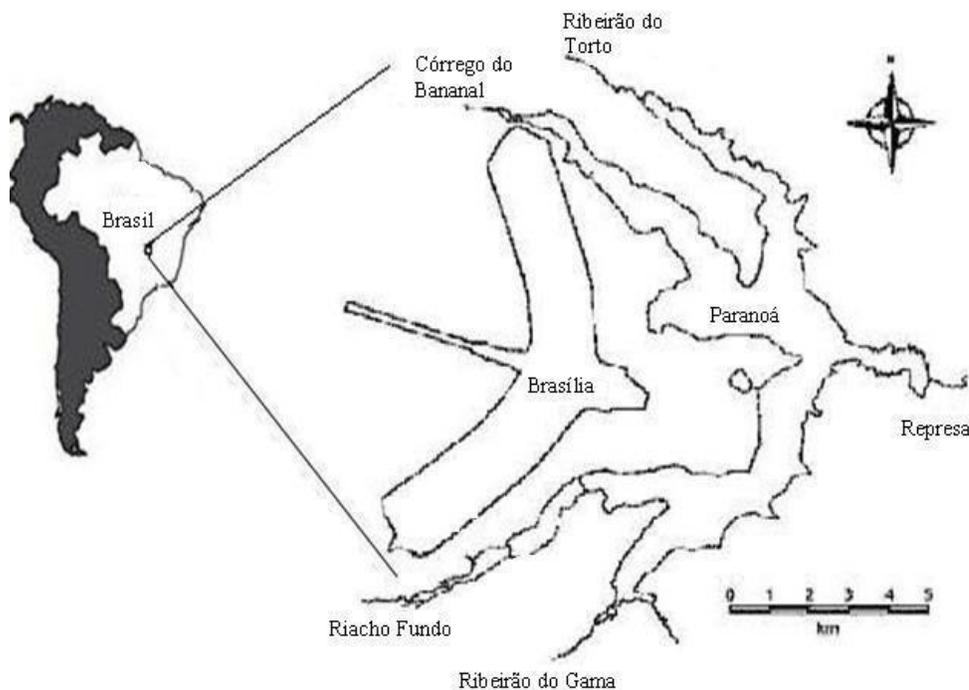
Neste trabalho foi analisado o grau de amadurecimento do ecossistema do Lago Paranoá, em duas fases: a eutrofizada, com a elaboração de um modelo com dados de um período que vai de 1978-1998, e a atual, oligotrofizada (após o “flushing”) também apresentada em um modelo com dados do ano de 2005. A análise deste ecossistema foi realizada através da modelagem das redes tróficas nos dois momentos acima mencionados, com o uso do programa Ecopath, que é considerado um dos mais simples e úteis para quantificar as interações tróficas e a dinâmica de ecossistemas aquáticos (LIU *et al.*, 2007; CHRISTENSEN & PAULY, 1993).

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

O Lago Paranoá (Fig. 1) está localizado na região central do Distrito Federal (15° 48' S, 47° 47' W) e sua bacia hidrográfica possui aproximadamente 1.034,07 Km<sup>2</sup>.

O Lago Paranoá foi formado a partir do fechamento da barragem do Rio Paranoá, no ano de 1959, represando águas do Riacho Fundo, do Ribeirão do Gama e do Córrego Cabeça de Veado, ao Sul e do Ribeirão Torto e do Córrego Bananal, ao Norte, além de outros pequenos tributários. O Lago possui um comprimento de 40 km, largura máxima de 5 km e área superficial de 37,50 km<sup>2</sup>. A profundidade média é de 12,42 m e máxima de 38 m. A vazão média afluyente dos principais cursos d'água é de 11,29 m<sup>3</sup>/s e vazão média efluente de 19,80 m<sup>3</sup>/s. A Bacia do Paranoá ocupa cerca de 18% do território do DF e é a única bacia integralmente localizada em território do Distrito Federal (FONSECA, 2001; ELMOOR-LOUREIRO *et al.* 2004).



**Figura 1** - Lago Paranoá, Brasília-DF (Fonte: WALTER & PETRERE, 2007; PADOVESI – FONSECA & PHILOMENO, 2004).

Os dados para a realização deste trabalho foram obtidos através de levantamentos de trabalhos realizados no Lago Paranoá até 1998 (para a análise da fase eutrofizada), bem como do banco de dados da CAESB (Companhia de Águas e Esgotos de Brasília). Para a fase atual (oligotrofizada) foram utilizadas informações que a própria CAESB e UNB (Universidade de Brasília) estão coletando para outros propósitos.

## 2.2 O Modelo

Para analisar o ecossistema do Lago Paranoá foi utilizado o programa Ecopath que permite a construção de modelos em estado de equilíbrio (steady-state), onde o consumo do predador gera a mortalidade por predação de sua presa. Ele foi desenvolvido pela ICLARM (International Center of Living Aquatic Resources Management) e produz informações eficazes para comparações de redes tróficas, analisando fluxos, ciclos e estoques pesqueiros (ANGELINI, 2000; ANGELINI & PETRERE, 1996).

Por volta de 300 ecossistemas ao redor do mundo já foram analisados com o Ecopath ([www.ecopath.org](http://www.ecopath.org)). No Brasil, em sistemas de águas continentais, pode-se destacar os trabalhos de Angelini & Petrere (1996) na descrição do reservatório do Broa (SP), Angelini & Agostinho (2005a) para a planície de Inundação do Alto Rio Paraná, Angelini *et al.* (2006) para o reservatório de Itaipu e uma análise de trecho do Rio Corrente-GO por Aloísio (2006).

A equação básica do modelo ECOPATH é:

Consumo= Produção+Respiração+ Comida não-assimilada

Essa equação de balanceamento pode ser matematicamente escrita como:

$$B_i * P_{Bi} * E_{Ei} - \sum_j (B_j * Q_{Bj} * DC_{ji}) - EX_i = 0$$

Onde:

$B_i$  – biomassa da presa (i);

$P_{Bi}$  – produção/biomassa da presa (i);

$E_{Ei}$  – eficiência ecotrófica da presa

$B_j$  – biomassa do predador (j);

$Q_{Bj}$  – consumo/biomassa do predador (j);

$DC_{ji}$  – fração da presa (i) na dieta do predador (j);

$EX_i$  – export da presa (i).

O Ecopath faz a ligação dos diferentes compartimentos através da composição da dieta, assim ele consegue estimar qualquer parâmetro desconhecido de outros compartimentos (ANGELINI, 1995; CHRISTENSEN, 1995). Para cada compartimento somente um dos parâmetros  $B_i$ ,  $P_{Bi}$ ,  $Q_{Bi}$  ou  $E_{Ei}$  pode ser desconhecido para que o Ecopath estime seu valor (ALOÍSIO, 2006).

Os compartimentos podem ter mais de uma espécie desde que estas tenham similaridades em seus modos de vida, isto é, mesmo habitat, dieta e características históricas similares (POLOVINA, 1984). A identificação destes agrupamentos depende

de uma série de reflexões, do objetivo do pesquisador, bem como da quantidade e qualidade das informações que ele possui do sistema.

Basicamente o Ecopath entende dois tipos de componentes: Produtores Primários que não têm consumo (e então necessitam apenas dos parâmetros, B, PB e EE) e Consumidores que basicamente são divididos em invertebrados, peixes e mais raramente aves e mamíferos aquáticos.

Os resultados do Ecopath calculam basicamente os atributos descritos em Odum (1969), mas também quantificam duas funções-meta: a ascendência e o *overhead*, que são propriedades holísticas que avaliam o grau de desenvolvimento do sistema.

### **2.3 Informações produzidas pelo Ecopath**

Dentre os resultados do Ecopath serão destacados aqui os atributos de Odum (1969), o efeito do aumento da biomassa, através da matriz de Leontief, bem como a ascendência e o overhead.

#### **2.3.1. Atributos de Odum**

Os atributos que serão descritos segundo Odum (1969) são:

- Produção primária total/respiração total: Em ecossistemas maduros é esperado um valor próximo de 1, indicando que toda energia produzida no sistema deverá ser consumida. Valores abaixo de 1 são decorrentes de uma respiração muito alta e pode ser que o sistema esteja sofrendo um grande aporte de nutrientes orgânicos.
- Produção primária total/Biomassa total: Nos sistemas em desenvolvimento a produção excede a respiração, como consequência haverá um acúmulo de biomassa no sistema ao decorrer do tempo.
- Biomassa total/fluxos totais: Num sistema maduro os fluxos que chegam no sistema devem aumentar ao máximo sua biomassa. Essa razão deverá assim apresentar um alto valor.
- Índice de ciclagem de Finn: calcula o quanto de biomassa e fluxos são reciclados no sistema.
- Número de ciclos: mostra os caminhos pelo qual a energia pode fluir no sistema. Assim, pode-se ter idéia da conectividade da rede trófica.

- Tamanho médio dos ciclos: Este atributo indica que quanto maior for o caminho médio dos ciclos pelo qual a energia fluirá, mais importante será a reciclagem da biomassa no sistema.
- Eficiência de transferência média: Indica o quanto de energia média é trocada no sistema e pelo sistema.
- Fluxos originados em detritos: Odum (1969) previu a dominância da detritivoria em sistemas maduros, assim este atributo tende a aumentar à medida que há o desenvolvimento do sistema.
- Biomassa: Indica a biomassa dos compartimentos de peixes.

### **2.3.2. Matriz de Leontief, Ascendência e Overhead**

A matriz de Leontief será usada para que se conheça os efeitos diretos e indiretos nos grupos, a partir de um aumento de biomassa num único grupo.

Para Ulanowicz (1986) o crescimento é refletido na quantidade de fluxos, e o desenvolvimento é representado pelo aumento de informação, ou seja, pelo conhecimento das probabilidades sobre as transferências entre os componentes. Desta forma, “Informação” refere-se aos efeitos que conferem ordem e padrão ao sistema. A ascendência e o overhead serão os atributos provenientes da teoria da informação que serão descritos.

A Ascendência (A) mede a quantia de informação ordenada do sistema, ela alcança um limite denominado Capacidade de desenvolvimento (C). A diferença entre a Ascendência e a Capacidade de desenvolvimento é denominada Overhead. A informação desordenada é medida pelo *overhead*, que é a energia de reserva que o sistema possui para suportar perturbações (ANGELINI, 2002a, 2002b; CHRISTENSEN, 1994).

Assim ascendência e “overhead” podem ser usados como índices de saúde e integridade dos ecossistemas. A saúde do ecossistema é algo que resiste a perturbações, ou se perturbado, consegue retornar ao seu estágio inicial (ULANOWICZ, 1997). A ascendência e “overhead” quantificam os efeitos de perturbações, validando propostas de manejo que minimizem efeitos negativos sobre os ambientes.

Na análise do ecossistema do Lago Paranoá, através do ECOPATH, foram analisados dois períodos, um onde o lago encontrava-se eutrofizado e outro, oligotrofizado.

## 2.4 Período Eutrofizado

Para a realização da modelagem para o período eutrofizado, foram utilizados dados de três períodos distintos (1978/1979, 1987/1988 e 1998), estes dados foram reunidos em um único modelo e analisados.

### 2.4.1 1978/1979

Os dados deste período foram obtidos de relatórios do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Pesqueiro do Brasil - Subprojeto: Estudo do Potencial Pesqueiro do Lago Paranoá, Brasília-DF, realizado pela CAESB. Os relatórios referem-se ao estudo biológico dos peixes capturados nos períodos de 12/12/1978 a 29/03/79 e 10/04/79 a 20/06/79 (SUDEPE, 1979a; SUDEPE, 1979b).

No primeiro período de pesca (12/12/1978 a 29/03/79) foram realizadas 13 pescarias, das quais 7 foram de fundo e 6 de superfície. Para isso foram utilizadas 7 redes de emalhar de 120 m de comprimento e 3 m de altura com malhas variando de 40 a 200 mm entre nós opostos, com intervalos de 20 mm. No segundo período de pesca (10/04/79 a 20/06/79) foram realizadas 11 pescarias das quais foram 5 de fundo e 6 de superfície. Foram utilizadas 9 redes de emalhar iguais às utilizadas no primeiro período. As espécies capturadas estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1-** Espécies capturadas no Lago Paranoá no período de 12/12/1978-20/06/1979.

Nome Científico	Nome Popular
<i>Astyanax sp</i>	Lambari
<i>Cichla ocellaris</i>	Tucunaré
<i>Curimatus elegans</i>	Saguiru
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa
<i>Hoplias malabaricus</i>	Traíra
<i>Lepomis macrochirus</i>	Blue Gill
<i>Plecostomus sp</i>	Cascudo
<i>Rhamdia sp</i>	Bagre
<i>Sarotherodon rendalli</i>	Tilápia
<i>Tilapia rendalli</i>	Tilápia

Fontes: SUDEPE (1979a, 1979b)

### 2.4.2 1987/1988

Para este período, foi usado como base de dados, o trabalho realizado por Grandó (1989), onde é feita uma análise sobre a ictiofauna do lago nos anos de 1987 e 1988 (Tabela 2), dando ênfase aos aspectos alimentares de 4 espécies ocorrentes.

**Tabela 2**-Espécies coletadas no período de dezembro de 1987 à julho de 1988.

Nome Científico	Nome Popular
<i>Aequidens portalegrensis</i>	Acará
<i>Astyanax scabripinnis</i>	Lambari
<i>Callichthys callichthys</i>	Tamoatá
<i>Cichla ocellaris</i>	Tucunaré
<i>Curimata elegans</i>	Saguirú
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa
<i>Gymnotus carapo</i>	Sarapó
<i>Hypostomus sp</i>	Cascudo
<i>Lepomis macrochirus</i>	Blue Gill
<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilápia do Nilo
<i>Rhamdia sp</i>	Bagre
<i>Tilapia rendalli</i>	Tilápia do Congo
<i>Xiphophorus sp.</i>	Espadinha

Fonte: Grando (1989)

Para as coletas levou-se em consideração os períodos de seca e chuva, fazendo-as nos meses mais representativos. Na estação chuvosa as coletas ocorreram nos meses de dezembro (1987), janeiro, fevereiro e março(1989). Na estação seca, maio, junho e julho (1988).

Foram utilizadas nas coletas redes de espera de malhas 1.5, 3.0 4.0 7.0 10.0 12.0 cm entre nós adjacentes, comprimento de 100 m e altura de 3 m. A exposição das malhadeiras cobriu um período de 24 h, com despescas de 6 em 6 horas. Durante este trabalho foram feitas 12 capanhas de amostragem.

#### **2.4.3 1998- Ecossondagem**

A Fundação Sustentabilidade e Desenvolvimento realizou no período de 07 a 23 de julho de 1998, uma Campanha de Campo de Ecossondagem no Lago Paranoá. Dentre os objetivos deste trabalho, destacam-se a realização de: levantamento batimétrico; mapeamento do sedimento orgânico; avaliação da distribuição horizontal e vertical de espécies e estrutura de tamanhos de comunidades de peixes através de pesca experimental e estimativa hidroacústica do estoque pesqueiro do Lago Paranoá (FUNDAÇÃO SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO,1998).

Paralelamente a ecossondagem foi realizada uma pesca experimental com redes de emalhar com o objetivo de calibrar os resultados da prospecção hidroacústica de estimativa do estoque pesqueiro do lago. Procurou-se estabelecer o máximo sincronismo entre as amostragens hidroacústicas e as capturas pela pesca experimental de forma a garantir uma

perfeita correspondência entre os dados gerados por estas duas metodologias. As espécies capturadas estão apresentadas na Tabela 3.

Ainda, como este levantamento é a mais aproximada estimativa de biomassa já realizada no Paranoá, os dados deste 3º período serviram de base para as extrapolações dos outros modelos, levando em conta CPUE e também informações sobre número de pescadores (Starling, com. pessoal a R. Angelini).

**Tabela 3-** Espécies capturadas no período de 7 à 23 de julho de 1998.

<b>Nome Científico</b>	<b>Nome Popular</b>
<i>Astyanax bimaculatus lacustres</i>	Lambari comum
<i>Astyanax eigenmaniorum</i>	Lambari, Branquinha
<i>Callychthys callychthys</i>	Tamoatá
<i>Cichla monoculus</i>	Tucunaré comum
<i>Cichla temensis</i>	Tucunaré paca
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa comum
<i>Erytrinus erytrinus</i>	Jeju
<i>Geophagus brasiliensis</i>	Acará
<i>Hoplias lacerdae</i>	Trairão
<i>Hoplias malabaricus</i>	Traíra
<i>Hypostomus sp</i>	Cascudo
<i>Lepomis macrochirus</i>	Blue Gill
<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia do Nilo
<i>Rhamdia quelen</i>	Bagre
<i>Sinbranchus marmoratus</i>	Mussum
<i>Steindachnerina insculpta</i>	Sagüürú
<i>Tilapia rendalli</i>	Tilápia

Fonte: Fundação Sustentabilidade e Desenvolvimento (1998)

Foram utilizadas 37 redes de 50 metros de comprimento por 2,5m de altura cada e com malhas: 15, 20, 30, 30, 35, 50, 60, 70, 90, 100 e 120mm, entre nós adjacentes, distribuídas entre as margens direita e esquerda e porção central de cada sub-área (zona limnética, superfície e em meia água, devido a anoxia do fundo), e mais 32 redes de 32 metros de comprimento com 2m de altura e malhas: 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 mm, entre nós adjacentes, distribuídas na foz dos tributários (braços) ou na zona litorânea (zonas centrais sul e norte do lago). A exposição das malhadeiras cobriu um período de 24 h, com despescas de 10 em 10 horas.

#### **2.4.4 O modelo Eutrofizado**

Para a confecção do modelo para este período pegou-se os dados dos três períodos descritos anteriormente e os organizou em um único modelo.

##### **Bentos**

A biomassa foi calculada tendo como base os valores do relatório da SUDEPE (1979a, 1979b), que foram convertidos para peso úmido segundo o trabalho de Optiz (1991).

PB e QB foram retirados de Angelini & Agostinho (2005b).

##### **Fitoplâncton e Zooplâncton**

A biomassa destes compartimentos foram calculadas com base nos dados do mesmo período para o lago Paranoá (CAESB, dados não publicados), com a conversão dos valores para g/m<sup>2</sup>. PB e QB são de Angelini & Agostinho (2005b).

##### **Peixes**

A biomassa para peixes foi calibrada manualmente tendo como base os dados da ecossondagem realizada em 1998, devido a melhor metodologia de amostragem das espécies.

A razão Consumo/Biomassa (QB) foi estimada pela relação de Palomares & Pauly (1998):

$$\log QB = 7,964 - 0,204 \log W - 1,965 T' + 0,083 Ar + 0,532 H + 0,398 D \quad (2.6)$$

Onde:

W - peso assintótico (gramas de peso úmido); Calculado através da relação peso comprimento  $W_{\infty} = a * L_{\infty}^b$ , (onde  $W_{\infty}$  é o peso “infinito” do peixe, a e b: coeficientes de relação peso-comprimento e  $L_{\infty}$ : comprimento assintótico ou infinito).

$T'$  – inversa da temperatura média da água =  $[ 1000 / (T \text{ o C} + 273,15) ]$ ;

Ar - índice da forma da nadadeira caudal:  $Ar = h^2 * S$  (h - altura da nadadeira (mm); S – superfície da nadadeira (mm<sup>2</sup>). Para estes dados mediu-se nadadeiras das espécies encontradas no laboratório do NUPÉLIA- Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura.

H e D – índice do tipo de alimento: H =1 para herbívoros; D=1 para detritívoros e iliófagos; para carnívoros H = D = 0;

Para estimar o valor de Produção/Biomassa (PB) para os compartimentos foi calculada a mortalidade natural (M) pela relação empírica de Pauly (1980), pois segundo

Allen (1971) em determinadas condições de equilíbrio  $PB = M$ .  $M$  é dado pela seguinte fórmula:

$$M = K^{0.65} * L_{\infty}^{-0.279} * T^{0.463}$$

Onde:

$M$  - mortalidade natural ( $\text{ano}^{-1}$ );

$K$  - constante de crescimento ( $\text{ano}^{-1}$ );

$L_{\infty}$  - comprimento assintótico ou infinito (cm);  $L_{\infty} = L_{\text{max}} * 1.05$ , sendo  $L_{\text{max}}$ , o comprimento do maior indivíduo capturado;

$T$  - temperatura média anual da água do sistema em estudo

Algumas espécies de peixes foram pouco representativas, e por isso não serão utilizadas nas análises. São elas: *Erythrinus erythrinus*, *Gymnotus carapo*, *Sinbranchus marmoratus* e *Xiphophorus sp.*

Os compartimentos para peixes que serão utilizados na análise deste período estão descritos na Tabela 4.

**Tabela 4.** Compartimentos para peixes e respectivas espécies para a modelagem do período Eutrofizado.

COMPARTIMENTOS	ESPÉCIES
Acará	<i>Aequidens portalegrensis</i> , <i>Geophagus brasiliensis</i>
Bagre	<i>Rhamdia quelen</i> , <i>Rhamdia sp.</i> ,
Blue Gill	<i>Lepomis macrochirus</i>
Carpa	<i>Cyprinus carpio</i>
Cascudo	<i>Plecostomus sp</i> ; <i>Hypostomus sp</i>
Lambari	<i>Astyanax bimaculatus lacustris</i> , <i>Astyanax eigenmaniorum</i> , <i>Astyanax sp</i> , <i>Astyanax scabripinnis</i>
Sagüiru	<i>Curimatus elegans</i> , <i>Steindachnerina insculpta</i>
Tamoatá	<i>Callichthys callichthys</i>
Tilápia	<i>Oreochromis niloticus</i> , <i>Sarotherodon rendalli</i> , <i>Tilapia rendalli</i>
Traíra	<i>Hoplias lacerdae</i> , <i>Hoplias malabaricus</i>
Tucunaré	<i>Cichla monoculus</i> , <i>Cichla ocellaris</i> , <i>Cichla temensis</i>

Fonte : SUDEPE (1979a, 1979b), Grando(1989), Fundação Sustentabilidade e Desenvolvimento(1998)

Os dados para a realização da modelagem deste período têm suas fontes descritas na Tabela 5.

**Tabela 5-** Fonte dos dados utilizados em cada compartimento para a modelagem do Período Eutrofizado, do Lago Paranoá.

<b>Compartimento</b>	<b>Fonte</b>	
1. Bentos	B	CAESB (dados não publicados)
	PB	Angelini & Agostinho (2005b)
	QB	Angelini & Agostinho (2005b)
2. Fitoplâncton	B	CAESB (dados não publicados)
	PB	Angelini & Agostinho (2005b)
	QB	Não se aplica
3. Zooplâncton	B	CAESB (dados não publicados)
	PB	Angelini & Agostinho (2005b)
	QB	Angelini & Agostinho (2005b)
3. Acará	B	Calibrado manualmente
	PB	PB = M (PAULY, 1980), utilizando o K de Fishbase; $L_{\infty}$ para cálculo de $L_{\infty}$ (FISHBASE); $a$ e $b$ (FISHBASE); T (CAESB, 2005)
	QB	Relação de Palomares & Pauly, (1998)
4. Bagre	B	Calibrado manualmente
	PB	PB = M (PAULY, 1980), utilizando o K de Moreau et al. (1993); $L_{\text{máx}}$ para cálculo de $L_{\infty}$ (CAESB 1979a); $a$ e $b$ (RIBEIRO-FILHO, 1999); T (CAESB, 2005)
	QB	Relação de Palomares & Pauly, (1998)
5. Blue Gill	B	Calibrado manualmente
	PB	PB=M (PAULY, 1980), utilizando o K de Fishbase; $L_{\text{máx}}$ para cálculo de $L_{\infty}$ (FISHBASE); $a$ e $b$ (FISHBASE); T (CAESB, 2005)
	QB	Relação de Palomares & Pauly (1998)
6. Carpa	B	Calibrado manualmente
	PB	PB = M (PAULY, 1980), utilizando o K de Palomares <i>et al.</i> (1993); $L_{\text{máx}}$ para cálculo de $L_{\infty}$ (CAESB 1979a); $a$ e $b$ (FISHBASE); T (CAESB, 2005)
	QB	Relação de Palomares & Pauly, (1998)
6. Cascudo	B	Calibrado manualmente
	PB	PB = M (PAULY,1980), utilizando o K de Lizama & Vazzoler (1993); $L_{\text{máx}}$ para cálculo de $L_{\infty}$ (CAESB 1979a); $a$ e $b$ (FISHBASE); T (CAESB, 2005)
	QB	Relação de Palomares & Pauly. (1998)
7. Lambari	B	Calibrado manualmente
	PB	PB = M (PAULY, 1980), utilizando o K de Lizama & Vazzoler (1993); $L_{\text{máx}}$ para cálculo de $L_{\infty}$ (FISHBASE); $a$ e $b$ (FUNDAÇÃO SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO, 1998); T (CAESB, 2005)
	QB	Relação de Palomares & Pauly, (1998)
8. Sagüiru	B	Calibrado manualmente
	PB	PB = M (PAULY,1980), utilizando o K de Lizama & Vazzoler (1993); $L_{\text{máx}}$ para cálculo de $L_{\infty}$ (CAESB 1979a); $a$ e $b$ (FISHBASE); T (CAESB, 2005)
	QB	Relação de Palomares & Pauly, (1998)
8. Tamoatá	B	Calibrado manualmente
	PB	PB = M (PAULY,1980), utilizando o K de Angelini (2001); $L_{\text{máx}}$ para cálculo de $L_{\infty}$ (FISHBASE); $a$ e $b$ (FISHBASE); T (CAESB, 2005)
	QB	Relação de Palomares & Pauly, (1998)
9. Tilápia	B	Calibrado manualmente
	PB	PB = M (PAULY,1980), utilizando o K de Moreau <i>et al.</i> (1993); $L_{\text{máx}}$ para cálculo de $L_{\infty}$ (CAESB 1979a); $a$ e $b$ (FUNDAÇÃO SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO, 1998); T (CAESB, 2005)
	QB	Relação de Palomares & Pauly, (1998)
10. Traíra	B	Calibrado manualmente
	PB	PB = M (PAULY,1980), utilizando K e $L_{\infty}$ de Angelini & Agostinho (2005a) $a$ e $b$ (FUNDAÇÃO SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO, 1998); T

		(CAESB, 2005)
11. Tucunaré	QB	Relação de Palomares & Pauly, (1998)
	B	Calibrado manualmente
	PB	PB = M (PAULY,1980), utilizando o K de FISHBASE; L <sub>máx</sub> para cálculo de L <sub>∞</sub> (CAESB 1979a); a e b (FUNDAÇÃO SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO, 1998); T (CAESB, 2005)
12. Detritos	QB	Relação de Palomares & Pauly. (1998)
	B	Estimado pelo Ecopath
	PB	Não se aplica
	QB	Não se aplica

## 2.5 Período Oligotrofizado

Para a confecção deste modelo, foi realizada uma análise de conteúdo estomacal de peixes coletados no ano de 2005 para um projeto da Universidade de Brasília. As espécies utilizadas para esta modelagem estão na Tabela 6.

A análise dos estômagos foi realizada sob microscópio estereoscópico e identificada até o menor nível taxonômico possível. Os volumes eram obtidos por deslocamento da coluna d'água, utilizando uma bateria de provetas graduadas. Para volumes menores era utilizada uma placa milimetrada onde o volume é obtido em mm<sup>3</sup> e posteriormente transformado em ml (HELLAWELL & ABEL, 1971).

Para a quantificação do conteúdo estomacal foi utilizado o índice alimentar (IA<sub>i</sub>), proposto por Kawakami & Vazzoler (1980) e descrito pela equação:

$$IA_i = \frac{F_i * V_i}{\sum_{n=1}^n (F_i * V_i)}$$

Onde:

i =1,2...n= determinado item alimentar;

F<sub>i</sub> =freqüência de ocorrência (%) do determinado item;

V<sub>i</sub> = volume (%) de determinado item.

**Tabela 6.** Compartimentos para peixes e respectivas espécies para a modelagem do período Oligotrofizado.

COMPARTIMENTOS	ESPÉCIES
Acará	<i>Geophagus brasiliensis</i>
Bagre	<i>Rhamdia quelen</i>
Lambari	<i>Astyanax bimaculatus lacustris</i> , <i>Astyanax eigenmaniorum</i>
Tilápia	<i>Tilapia rendalli</i>
Traíra	<i>Hoplias malabaricus</i>
Tucunaré	<i>Cichla ocellaris</i> , <i>Cichla temensis</i>

Os dados para esta modelagem são do 2º e 3º períodos analisados, para o compartimento peixes, já que não nos foram fornecido dados complementares destas espécies. Os dados de fitoplâncton e zooplâncton foram obtidos da mesma forma que nos modelos anteriores (Tabela 7).

**Tabela 7-** Fonte dos dados utilizados em cada compartimento para a modelagem do período Oligotrofizado, do Lago Paranoá.

<b>Compartimento</b>	<b>Fonte</b>	
1. Fitoplâncton	B	CAESB (2005)
	PB	Angelini & Agostinho (2005b)
2. Zooplâncton	QB	Não se aplica
	B	CAESB (2005)
	PB	Angelini & Agostinho (2005b)
3. Acará	QB	Angelini & Agostinho (2005b)
	B	Estimado pelo Ecopath
	PB	Modelo 3
4. Bagre	QB	Modelo 3
	B	Estimado pelo Ecopath
	PB	Modelo 2
5. Lambari	QB	Modelo 2
	B	Estimado pelo Ecopath
	PB	Modelo 3
6. Tilápia	QB	Modelo 3
	B	Estimado pelo Ecopath
	PB	Modelo 3
7. Traíra	QB	Modelo 3
	B	Estimado pelo Ecopath
	PB	Modelo 3
8. Tucunaré	QB	Modelo 3
	B	Estimado pelo Ecopath
	PB	Modelo 3
12. Detritos	QB	Modelo 3
	B	Estimado pelo Ecopath
	PB	Não se aplica
	QB	Não se aplica

### 3. RESULTADOS

Os resultados serão apresentados por período, mostrando os parâmetros calculados para as espécies de peixes, as respectivas composições de dieta e os valores calibrados para o modelo do lago Paranoá. A matriz de Leontief também será mostrada para cada período. Ao final, é mostrada a Tabela 15 que compara os resultados dos modelos para todos os períodos.

#### 3.1 Período eutrofizado

Na Tabela 8 são apresentados os parâmetros estimados para as espécies que serão avaliadas neste primeiro período de estudo, já na Tabela 9 são apresentados os parâmetros

para os compartimentos não peixes. A Tabela 10 apresenta a composição da dieta das espécies analisadas. A Tabela 10 mostra os valores calibrados para o este modelo.

**Tabela 8-** Parâmetros estimados para as espécies ocorrentes no Lago Paranoá período Eutrofizado. B- Biomassa (T/Km<sup>2</sup>); L<sub>∞</sub> - comprimento máximo em (cm); PB – produção por biomassa; QB – consumo por biomassa; Ar – área da nadadeira caudal; a – b - parâmetros de relação peso comprimento ( $W = a * L^b$ )

Espécies	B	K	L <sub>∞</sub>	PB	QB	Ar	a	b
Acará	26,506	0.39	29.4	0.920	7.641	1.05	0.0234	2.9678
Bagre	2,787	0.10	46.7	0.334	5.267	0.30	0.0132	3.0508
Blue Gill	13,581	0.19	43.1	0.519	7.148	1.59	0.0070	3.2090
Carpa	33,125	0.28	75.1	0.571	13.329	1.08	0.0410	2.9590
Cascudo	1,500	0.10	17.9	0.437	43.878	1.49	0.0108	3.0035
Lambari	62,000	0.14	15.8	0.563	11.685	1.4	0.0458	2.7597
Sagüiru	20,712	0.38	17.9	1.040	28,799	1.31	0.0160	3.0000
Tamoatá	16,600	0.50	17.3	1.254	16,070	0.93	0.214	3.0000
Tilápia	71,075	0.29	29.4	0.759	21.906	0.98	0.0215	3.2224
Traíra	5,593	0.45	57.8	0.837	5.768	1.73	0.0202	3.0069
Tucunaré	29,650	0.16	46.2	0.455	5.428	1.11	0.0106	3.2765

**Tabela 9-** Parâmetros estimados para os compartimentos não peixes ocorrentes no Lago Paranoá no período Eutrofizado. B- Biomassa; PB – produção por biomassa; QB – consumo por biomassa.

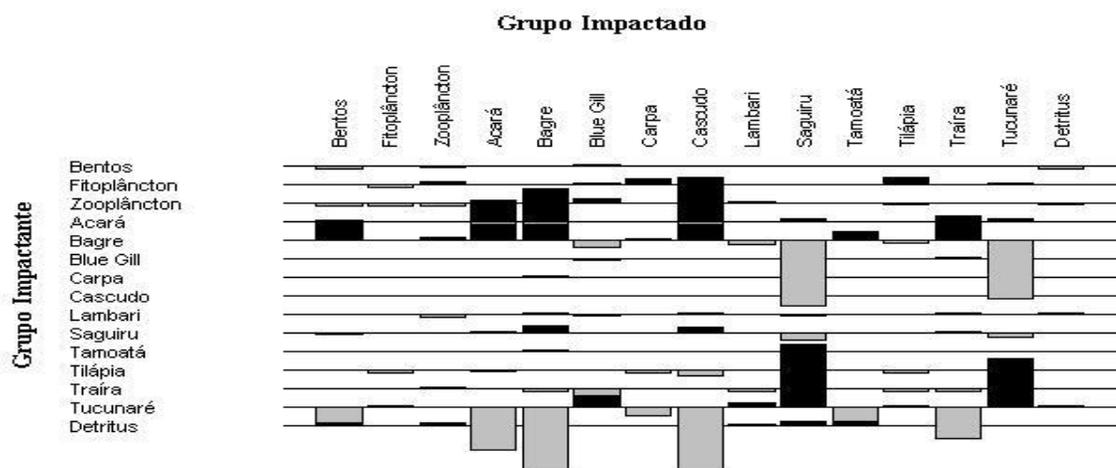
Espécies	B	PB	QB
Bentos	78,273	10,400	40,00
Fitoplâncton	9,500	250,000	-
Zooplâncton	8,600	55,000	250,000



**Tabela 11-** Parâmetros básicos do Ecopath do Lago Paranoá- Período Eutrofizado. B, biomassa; PB, produção por biomassa; QB, consumo por biomassa; EE, eficiência ecotrófica. Valores entre parênteses foram calculados pelo Ecopath.

Compartimentos	B	PB	QB	EE	Nível Trófico	Nº de caminhos	Comprimento do Caminho
Bentos	(30,175)	10,400	40,000	(1,000)	(2,00)	(2)	(1,00)
Fitoplâncton	(17,205)	250,000	-	(0,662)	(1,00)	-	-
Zooplâncton	(8,770)	55,000	250,000	(1,000)	(2,00)	(2)	(1,00)
Acará	21,205	0,920	7.641	(0,215)	(2,67)	(5)	(1,8)
Bagre	3,902	0,334	5.267	(0,984)	(3,38)	(104)	(3,38)
Blue Gill	(30,057)	0,519	7.148	(1,000)	(2,73)	(6)	(1,67)
Carpa	33,125	0,571	13.329	(0,314)	(2,16)	(6)	(1,67)
Cascudo	1,500	0,437	43.878	(0,618)	(2,14)	(6)	(1,67)
Lambari	62,000	0,563	11.685	(0,323)	(2,53)	(6)	(1,67)
Sagüiru	20,712	1,040	28,799	(0,110)	(2,33)	(6)	(1,67)
Tamoatá	16,600	1,254	16,070	(0,509)	(2,31)	(6)	(1,67)
Tilápia	71,075	0,759	21.906	(0,379)	(2,00)	(2)	(1,00)
Traíra	6,712	0,837	5.768	(0,971)	(2,96)	(15)	(2,47)
Tucunaré	(6,218)	0,455	5.428	(0,148)	(3,44)	(104)	(3,38)
Detritus	-	-	-	(0,995)	(1,00)	-	-

A Figura 2 traz a matriz de impacto de Leontief que simula o efeito do aumento da biomassa (10%) do tempo  $t$  para o tempo  $t+1$ , de um grupo impactante (linha) sobre um grupo impactado (coluna).



**Figura 2** – Matriz de Leontief (análise de impacto trófico) para o período Eutrofizado do Lago Paranoá.

### 3.2 Período Oligotrofizado

A Tabela 12 apresenta os parâmetros estimados para as espécies que serão avaliadas neste último período analisado. A Tabela 13 apresenta os parâmetros para os compartimentos não peixes.

A Tabela 14 apresenta os resultados da avaliação de Índice Alimentar das espécies do período Oligotrofizado, obtidos através da análise do conteúdo de 76 estômagos.

A Tabela 15 mostra a composição da dieta das espécies para o Ecopath.

A Tabela 16 apresenta os valores calibrados para o modelo do período oligotrofizado do Lago Paranoá.

**Tabela 12-** Parâmetros estimados para as espécies ocorrentes no Lago Paranoá- Período Oligotrofizado.  $L_{\infty}$  - comprimento máximo em (cm); PB – produção por biomassa; QB – consumo por biomassa; Ar – área da nadadeira caudal; a – b - coeficientes de relação peso comprimento ( $W = a * L^b$ ).

Espécies	K	$L_{\infty}$	PB	QB	Ar	a	b
Acará	0.39	29.4	0,925	7,739	1.05	0.0234	2.9678
Bagre	0.10	46.7	0,334	5,267	0.30	0.0132	3.0508
Lambari	0.14	15.8	0,566	11,836	1.4	0.0388	2.8800
Tilápia	0.29	29.4	0,763	22,188	0.98	0.0215	3.2224
Traíra	0.45	57.8	0,841	5,842	1.73	0.0202	3.0069
Tucunaré	0.16	46.2	0,457	5,497	1.11	0.0106	3.2765

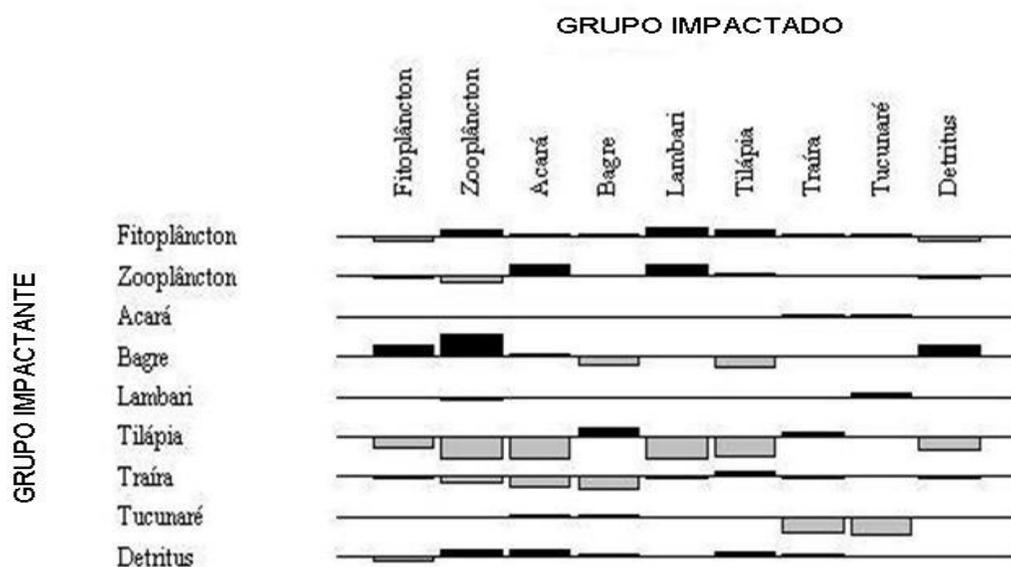
**Tabela 13-** Parâmetros estimados para os compartimentos não peixes ocorrentes no Lago Paranoá no período Oligotrofizado. B- Biomassa; PB – produção por biomassa; QB – consumo por biomassa.

Espécies	B	PB	QB
Fitoplâncton	6,706	250,000	-
Zooplâncton	0,00954	55,000	250,000



**Tabela 16-** Parâmetros básicos do Ecopath do Lago Paranoá- Período Oligotrofizado. B, biomassa; PB, produção por biomassa; QB, consumo por biomassa; EE, eficiência ecotrófica. Valores entre parênteses foram calculados pelo Ecopath.

Compartimentos	B	PB	QB	EE	Nível Trófico	Nº de caminhos	Comprimento do Caminho
Fitoplâncton	6,706	250,000	-	0,013	(1,00)		
Zooplâncton	0,00954	55,000	250,000	0,203	(2,00)	(2)	(1,00)
Acará	(0,310)	0,925	7,739	1,000	(2,56)	(4)	(1,50)
Bagre	(0,751)	0,334	5,267	1,000	(3,28)	(12)	(2,50)
Lambari	(0,838)	0,566	11,836	0,749	(2,55)	(4)	(1,50)
Tilápia	(6,622)	0,763	22,188	0,839	(2,26)	(4)	(1,50)
Traíra	(0,116)	0,841	5,842	0,800	(3,61)	(24)	(3,00)
Tucunaré	(0,105)	0,457	5,497	0,000	(3,72)	(48)	(3,50)
Detritus	-	-	-	(0,028)	(1,00)	-	-



**Figura 3-** Matriz de Leontief (análise de impacto trófico) para o período Oligotrofizado do Lago Paranoá.

A Tabela 17 mostra vários atributos do ecossistema do Lago Paranoá nos diferentes períodos estudados, bem como o comportamento esperado deles no amadurecimento do ecossistema de acordo com alguns dos 24 atributos de Odum (1969).

**Tabela 17-** Atributos dos modelos do Lago Paranoá . A tendência esperada refere-se a teoria de amadurecimento de ecossistemas (Odum, 1969).

Atributos	Período		Tendência esperada
	Eutrofizado	Oligotrofizado	
Prod.Prim total/ Respiração total	0,855	13,314	=1
Prod.Prim. total/ Biomassa total	12,984	108,455	Diminuir
Biom total/ fluxos Totais	0,021	0,004	Aumentar
Finn Ciclagem (Índice %)	7,92	0,31	Aumentar
Número de ciclos	142	50	Aumentar
Tamanho médio dos ciclos	3,96	3,90	Aumentar
Eficiência de transf. média(%)	5,8	8,7	Aumentar
Fluxos originados em detritos (%)	0,47	0,5	Aumentar
Ascendência(%)	20,002	74,148	Não se sabe
Overhead(%)	79,998	25,852	Não se sabe
Capacidade de Desenvolvimento (flowbits)	77164,370	5900,154	Aumentar
Biomassa (ton/km <sup>2</sup> )	283,129	8,742	Diminuir/Estabilizar

#### 4 DISCUSSÃO

Segundo Fonseca (2001), a maioria das espécies encontradas hoje no lago Paranoá, foi introduzida, o que é comum em se tratando de reservatórios. No Paranoá foram realizados vários peixamentos a partir da década de 60 e que se estenderam até a década de 90. Dentre as espécies encontradas atualmente no lago e que foram introduzidas podemos citar: *Callichthys callichthys* (Tamoatá), *Cichla ocellaris* (Tucunaré), *Cyprinus carpio* (Carpa comum), *Lepomis macrochirus* (Blue Gill), *Oreochromis niloticus* (Tilápia do Nilo), *Tilapia rendalli* (Tilápia) e *Xiphophorus sp.* (Espadinha). Não são mais encontradas, ou são apenas raras outras espécies exóticas/introduzidas, tais como: *Micropterus salmoides* (Black bass), *Poecilia reticulata* (Guppy), *Carassius auratus* (Peixe japonês),

*Colossoma macropomum* (Tambaqui), *Clarias sp.* (Bagre africano), *Hyphophthalmichthys molitrix* (Carpa chinesa comum). Dentre as espécies nativas apenas 21% conseguiram se adaptar ao novo ambiente, e entre estas as principais são: acará, bagre, cascudo, jeju, lambari, sagüiru e traíra.

Esses padrões de evolução das comunidades de peixes do Lago Paranoá estão relacionados evidentemente com o represamento, pois poucas espécies lóticicas conseguem sobreviver em ambientes lênticos, ou resistir à introdução de espécies exóticas e aos processos provenientes da urbanização da bacia (eutrofização e sedimentação), que em conjunto, respondem por 93% das diferenças encontradas entre as comunidades (Fonseca, 2001).

Pode-se observar para os 2 períodos, eutrofizado e oligotrofizado, que o tucunaré e o bagre apresentam-se como os principais predadores de topo. Analisando a matriz de Leontief dos modelos aqui descritos, o tucunaré apresentou grande influência na biomassa de suas presas, principalmente acará e cascudo e, também, na do bagre. Este por sua vez também apresentou grande influência sobre algumas espécies principalmente sagüiru e tucunaré. No período oligotrofizado, pode-se observar a presença de um terceiro grande predador, a traíra, com um alto nível trófico (3,61), sendo que o tucunaré apresentou nível trófico de 3,72 e bagre, 3,61, para o mesmo período. Essa espécie apresentou também, influência principalmente sobre o acará e o bagre. Para o período eutrofizado o tucunaré apresentou o seguinte nível trófico: 3,44 e o Bagre:3,38 .

A matriz de Leontief também mostrou que a simulação do aumento da biomassa de tilápia no período oligotrofizado causou um impacto considerável principalmente em zooplâncton, acará e lambari, devido à competição.

Segundo Angelini (2002b), o amadurecimento de um ecossistema está intimamente ligado às inter-relações dentro do mesmo. Dos modelos aqui analisados o maior número de inter-relações foi no período eutrofizado (142 ciclos), que em uma avaliação geral dos atributos dos modelos, foi o período que apresentou maior grau de desenvolvimento.

Ao avaliarmos a produção primária total/respiração total, pudemos observar que no período oligotrofizado, que apresenta um valor de 13,314, a produção primária é bem maior que a respiração. Isto indica que houve uma sensível redução da respiração pelos organismos, causada pela diminuição da respiração em organismos, como por exemplo a observada para o zooplâncton. Da mesma forma, o valor de produção primária

total/respiração total indica que o período eutrofizado apresenta-se amadurecido com um valor de 0,855.

De acordo com Christensen (1995), o aumento do overhead indica maior desenvolvimento (amadurecimento) do ecossistema. Comparado com Angelini & Petreire (1996), que estudaram o reservatório do Broa-SP (overhead = 65%) e Angelini (2001) que avaliou 2 períodos de Itaipu (54% e 53%), o Lago Paranoá apresenta hoje um baixo grau de amadurecimento, com um overhead de 25,85%, tendo seu maior período de amadurecimento, de acordo com esse atributo, o período eutrofizado (79,998%)

É provável que com uma produção primária alta o ecossistema tivesse alta resiliência também, isto é, fosse capaz de suportar distúrbios como a pesca, já que dispunha de alta entrada externa de nutrientes que, por sua vez, provocariam a alta produção primária e ciclagem de nutrientes.

Ecossistemas maduros apresentam alto grau de ciclagem de nutrientes (Odum, 1929). A porcentagem de fluxos reciclados no Paranoá (medida pelo índice de Finn) foi alta para o primeiro período (7,92%), se comparado a outros reservatórios, como Itaipu (Angelini, 2001) com índices de 1,92% e 1,78%.

Christensen (1994, 1995) destaca que o número de caminhos e o comprimento médio dos caminhos apresentam boa correlação com a maturidade. Nos modelos analisados observamos que o período eutrofizado foi o período que apresentou um maior número de caminhos (142) e maior tamanho médio dos mesmos (3,96).

Ao compararmos os atributos dos ecossistemas com as tendências esperadas segundo a teoria de amadurecimento dos ecossistemas de Odum (1969), podemos observar que o momento em que o lago apresentou um alto grau de desenvolvimento, foi no período eutrofizado.

## **5 CONCLUSÃO**

O Lago Paranoá tem a característica de ser um ambiente com baixa riqueza de espécies. Dentre todos os trabalhos avaliados o que amostrou maior riqueza de espécies foi o de Eco sondagem com apenas 8 espécies, fato que pode demonstrar um ambiente com fluxos energéticos bem definidos e pouca interação entre estes fluxos. Vale destacar também que a maioria das espécies encontradas no lago é produto de peixamento.

O Lago Paranoá é um ambiente que passou por um grande processo de eutrofização. Para reverter este quadro e recuperar o lago foram instaladas as ETE's Norte e Sul, mas isso só foi conseguido com a adoção da técnica de ecohidrologia ("flushing"), no final de 1998. Hoje a realidade do lago Paranoá é totalmente diferente de anos atrás. Quando se avalia estas duas realidades em 2 períodos de estudos, pode-se observar, segundo os atributos de Odum (1969) e Christensen & Pauly (1993), que o lago apresentou período de razoável resiliência justamente na fase de eutrofização. Após a instalação das ETE's, principalmente após o "flushing", que eliminou a camada superficial da água do lago e conseqüentemente a biomassa algal, levando assim à uma queda dos altos valores de clorofila-a, pudemos observar menor estabilidade.

## 6 REFERÊNCIAS

Agostinho, A. A.; Gomes, L. C. & Pelicice, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: Eduem. 2007. 501 p.

Allen, K.R. Relation between production and biomass. **J.Fish Res. Board Can.** v.28, p. 1573 - 1581. 1971.

Aloísio, G.R. **Análise da comunidade de peixes e da teia trófica de um trecho do Rio Corrente – GO**. 2006. 50 f Dissertação de Mestrado em Ecologia e Evolução. Universidade Federal de Goiás.2006.

Angelini,R. **Análise do ecossistema da represa do Broa (SP), através de um modelo estatístico (ecopath ii) e de um modelo de simulação (stella ii)**. 1995. 120f.Dissertação de Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental. EESC – Escola de Engenharia de São Carlos.1995.

Angelini, R. Ecologia e modelagem matemática. **Ciê. Biol. Ambient.**, PUC-SP, v.2,n.2, p. 225-242. 2000.

Angelini,R. **Desenvolvimento de ecossistemas: A planície de inundação do alto rio Paraná e o reservatório de Itaipú**. 2001. 138f. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Maringá (PR). 2001.

Angelini, R. Bases para a aplicação da teoria da informação em ecossistemas, com ênfase na ascendência.**Acta Scientiarum**, v. 24, nº.2, p. 275 – 283. 2002a.

Angelini, R. Avaliação da capacidade-suporte da represa do Broa para a colocação de tanques-rede.**Revista Saúde e Ambiente**, v. 3, nº. 2, p. 42 – 48. 2002b.

Angelini, R.; Petreire, M. The Ecosystem of the Broa Reservoir, São Paulo State, Brazil, as describe using ECOPATH. **Naga, the ICLARM Quaterly**,v. 19,nº. 2, p. 36 – 41. 1996.

Angelini, R.; Agostinho, A. A. Food web model of the Upper Paraná River Floodplain: description and aggregation effects. **Ecological Modelling**, 181, p.109 – 121. 2005a.

Angelini, A.; Agostinho A. A. Parameter estimatives for fisheries of the upper Paraná River floodplain and Itaipu reservoir. **NAGA**. v.28, n.1&2, p.53-57, jan-jun. 2005b.

Angelini, A.; Agostinho, A. A.; Gomes, L. C. Modeling energyflow in a large Neotropical reservoir: a tool do evaluate fishing and stability. **Neotrop. Ichthyol.**, v. 4 n<sup>o</sup>.2, p. 253-260. 2006.

Araújo, F. G.; Santos, L. N. Distribution of fish assemblages in Lajes Reservoir, Rio de Janeiro, Brasil. **Braz. J. Biol.**, São Carlos, v. 61, n. 4. 2001.

CAESB. **Programa Limnológico –Lago Paranoá**. Brasília,DF.2005.

Christensen, V. Ecosystem maturity – towards quantification. **Ecological Modelling**, 77. p.3 – 32. 1995.

Christensen, V. & Pauly, D. **Trophic Models of Aquatic Ecosystems**. Manilla – Filipinas. ICLARM. Conf. Proc. 1993. 390p.

Christensen, V. & Pauly, D. Placing fisheries in their ecosystem context, an introduction. **Ecological modeling**. 172 . p.103–107.2004.

Delariva, R. L & Agostinho, A. A. Introdução de espécies: Uma síntese comentada. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 21, n<sup>o</sup> 2, p. 255-262. 1999.

Elmoor – Loureiro ,L.M.A.; Mendonça – Galvão, L.; Padovesi – Fonseca,C. New cladoceram records from Lake Paranoá, Central Brazil. **Braz. J. Biol.** vol.64, n<sup>o</sup> 3a, p.415 – 422, Aug.2004.

Fishbase. Disponível em: [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)

Fonseca, F.O (org). **Olhares sobre o Lago Paranoá**. 1 ed. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos-Semarh, 2001.425p.

Fundação Sustentabilidade e Desenvolvimento. **Serviço de levantamento hidroacústico(ecossondagem) no Lago Paranoá-Brasília-DF. Relatório Final**. Brasília,DF.78 p.1998.

Grando, J.V. **Considerações sobre o estágio atual da ictiofauna e aspectos alimentares de quatro espécies de peixes do Lago Paranoá, Brasília,DF**. 1989. 115f. Dissertação de Mestrado em Ecologia. Universidade de Brasília.1989.

Hellawell, J. M; Abel, R. A rapid volumetric method for the analysis of the food of fishes. **J. Fish Biol.**, v. 3, p. 29-37. 1971.

Júlio-Júnior, H. F.; Thomaz, S. M.; Agostinho, A. A. & Latini, J. D. Distribuição e caracterização dos reservatórios. In: Rodrigues, L.; Thomaz, S. M.; Agostinho, A. A.; Gomes, L. C. **Biocenoses em reservatórios: Padrões espaciais e temporais**. São Carlos: RiMa, 2005. p. 1-16.

Kawakami. E. Vazzoler. G. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. **Bol. Inst. Oceanogr.**, v.29, n2, p.205-207. 1980.

Liu, Q.; Chen, Y.; Li, J & Chen, L. The food web structure and ecosystem properties of a filter-feeding carps dominated deep reservoir ecosystem. **Ecological Modelling**. 203. p.279–289. 2007.

Lizama, M.de L.A.P. & Vazzoler, A.E.A.de M. Crescimento em Peixes do Brasil: uma Síntese Comentada. **Revista UNIMAR**, 15 (suplemento), p.141-173. 1993.

Månsson, B.Å & McGlade, J. M. Ecology, thermodynamics and H.T. Odum's conjectures. **Oecologia**. 93, p.582-589.1993.

Moreau, J.; Ligtoet, W.; Palomares, M.L.D. Trophic relationship in the fish community of Lake Victoria, Kenya, with emphasis on the impact of Nile perch (*Lates niloticus*). In: Christensen, V. & Pauly, D. **Trophic models of aquatic ecosystems**. ICLARM Conf. Proc. 1993. p. 144-152.

Müller, F. State-of-the-art ecosystem theory. **Ecological modelling**. 100, p. 135-161.1997.

Nogueira, V. P. Q. Qualidade da água em Lagos e Reservatórios. In: PORTO, R. La L. (Org.) **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Edusp. 1991. v.3, p.165-208.

Odum, E. P. The strategy of ecosystem development. An understanding of ecological succession provides a basis for resolving man's conflict with nature. **Science**. v. 169, p. 262-269. 1969.

Odum, H.T. **Systems ecology**. Wiley, New York.1983.

Odum, E.P. **Ecologia**. RJ. Ed. Guanabara. 1988. 434p.

Oliveira, E.F. & Goulart, E. Distribuição espacial de peixes em ambientes lênticos: interação de fatores. **Acta scientiarum**. v. 22, nº 2, p. 445-453. 2000.

Optiz, S. **Quantitative Models of Trophic Interactions in Caribbean Coral Reefs**.1991. 285f. Tese de Doutorado. Christian - Albrechts - Universitat zu Kiel.1991.

Padovesi – Fonseca, C & Philomeno, M.G. Effects of algicide ( Copper Sulfate) application on short-term fluctuations of phytoplankton in Lake Paranoá, Central Brazil. **Braz.J. Biol.**, vol.64, no 4, p. 819 – 826. Nov. 2004.

Palomares, M.L & Pauly, D. Predicting food consumption of fish populations as functions of mortality, food type, morphometrics, temperature and salinity. **Mar. Freshwat. Res.** 49, p.447 – 453. 1998.

Palomares, M. L; Yulianto, B.; Puy, L.; Bengen, D. & Belaud, A. A preliminary model of the Garonne River (Toulouse, France) ecosystem in spring. In: Christansen, V. & Pauly, D. Trophic models of aquatic ecosystems. ICLARM. Conf. Proc.1993. p.172-179.

Pauly, D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. **J. Cons.** v. 39, nº3, p. 175-192.1980

Polovina, J.J. Model of a coral reef ecosystem. Part I. The ECOPATH model and its application to French Frigate Shoals. **Coral Reefs.** 3. 1984.p.1-11.

Ribeiro-Filho,R.A. 1999. **Caracterização de dietas alimentares de peixes predadores em açudes de Pernambuco e no Lago Paranoá (Brasília-DF)**.Monografia de conclusão de curso.Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife,PE

Starling, F; Pereira, C.E.& Angelini, R. Definição da capacidade suporte do Reservatório de Três Marias para cultivo intensivo de peixes em tanques-redes. In: Estudo técnico-científico visando a delimitação de parques aquícolas no lago da Usina Hidroelétrica de Três Marias-MG. Disponível em: [http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/Parques\\_Aquicolas/websites/pdfs/capacidade\\_suporte/cs\\_tm.pdf](http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/Parques_Aquicolas/websites/pdfs/capacidade_suporte/cs_tm.pdf) Acessado em: 06 de fevereiro de 2008.

SUDEPE. **Programa de pesquisa e desenvolvimento pesqueiro do Brasil. Subprojeto: Estudo do potencial pesqueiro do Lago Paranoá.**1º informe trimestral.Brasília,DF. 1979.

SUDEPE. **Programa de pesquisa e desenvolvimento pesqueiro do Brasil. Subprojeto: Estudo do potencial pesqueiro do Lago Paranoá.** 2º informe trimestral. Brasília, DF. 1979.

Takeda, A. M.; Mansur, M. C. D. & Fujita, D. S. Ocorrência de moluscos bivalves em diferentes reservatórios. In: Rodrigues, L.; Thomaz, S. M.; Agostinho, A. A. & Gomes, L. C. **Biocenoses em reservatórios: Padrões espaciais e temporais.** São Carlos: RiMa. 2005. p.162-167.

Tundisi, J. G. Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos In: Henry, R. (ED.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais.** Botucatu: FUNDIBIO; São Paulo: FAPESP. 1999. p.31-38.

Tundisi, J. G. Exploração do potencial hidrelétrico da Amazônia. **Estud. av.**, São Paulo, v. 21, n. 59. 2007.

Ulanowicz, R.E. **Growth and development: ecosystem phenomenology.** NY. Springer Verlag. 1986. 203 p.

Ulanowicz, R. E. **Ecology, the ascendent perspective.** NY: Columbia University Press. 1997. 201 p.

Villanueva, M.C.; Ouedraogo, M. & Moreau, J. Trophic relationships in the recently impounded Bagré reservoir in Burkina Faso. **Ecological Modelling**, 191, 243–259. 2006.

Walter, T. **Ecologia da pesca artesanal no Lago Paranoá – Brasília-DF.** 2000. 227f. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 2000.

Walter, T. & Petrere-Júnior., M. The small-scale urban reservoir fisheries of Lago Paranoá, Brasília, DF, Brazil. **Braz. J. Biol.**, São Carlos, v. 67, n. 1, 2007.



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)