UFAM

Universidade Federal do Amazonas

Luana Simas Montenegro

Demografia e sustentabilidade da pesca na cidade de Manaus-Am

Manaus/AM

2014

LUANA SIMAS MONTENEGRO

Demografia e sustentabilidade da pesca na cidade de Manaus-Am

Relatório final, apresentado a Universidade Federal do Amazonas, como parte das exigências do programa PIBIC 2013/2014.

Orientador (a): Lucirene Aguiar de Souza

Manaus/AM

2014

Resumo

A modelagem de ecossistemas é uma abordagem holística na qual seus resultados podem servir de guia para a tomada de decisões políticas sobre sistemas ecológicos e econômicos. A cidade de Manaus tem forte dependência da produção pesqueira para o suprimento protéico da sua população. O crescimento demográfico dessa cidade causa cada vez mais demanda por esse produto. Dessa forma este trabalho se propôs a usar estratégias de modelagem para avaliar a sustentabilidade dos recursos pesqueiros na região frente o seu crescimento demográfico. Para o processo de modelagem será empregado um modelo demográfico que representará o crescimento populacional da cidade. A este modelo foram adicionadas funções que representarão a produção pesqueira e capacidade suporte desses estoques. Por meio desse modelo foram simulados cenários futuros no que diz respeito a alterações no estado do estoque, gerados pelo crescimento demográfico. Foi possível observar padrões de possíveis efeitos do crescimento demográfico e da oscilação, previsíveis ou não, do ciclo hidrológico nos estoques pesqueiros, levando sempre estes a atingir a capacidade de suporte rapidamente. Apesar do crescimento da população de Manaus depender de outras fontes de proteína alterações na produção de pescado afetam o número de pessoas na região. A produção pesqueira e população de Manaus coexistem durante o período modelado.

Palavras-chave: Modelagem, modelos de ecossistema, capacidade de suporte.

Sumário

1. Introdução.....4
2. Revisão Bibliográfica 5
2.1 Sustentabilidade na Pesca 5
2.2 Capacidade de Suporte 6
2.3 Modelagem Estocástica.....6
3. Objetivos.....10
3.1 Objetivo Geral.....10
3.2 Objetivos Específicos.....10
4. Metodologia.....11
4.1 Área de estudo 11
4.2 Coleta de Dados.....11
4.3 Etapas do Processo de Modelagem 12
4.4 Montagem do modelo.....12
5. Parâmetros utilizados no modelo demográfico 15
6. Rodagem do modelo 19
7. Validação do modelo.....19
8. Simulação de construção de cenários 20
9. Resultados e Discussão 20
10. Conclusão.....28
11. Referências 29
Anexos I e II 34

1. Introdução

A Amazônia apresenta uma diversidade florística e faunística incomparável a qualquer outro biótopo do planeta (AYRES & BEST, 1979). Nesta região, a pressão sobre os estoques naturais vem sofrendo amplas variações de intensidade ao longo do tempo (FURTADO, 1981). De acordo com Ayres & Best (1979) esta pressão está relacionada com o número de pessoas utilizando estes recursos tanto para subsistência quanto para geração de renda.

Durante o período de colonização portuguesa houve uma redução substancial nas populações indígenas na região provocada pela introdução de doenças, captura de índios para serem usados como escravos e/ou guerras de extermínio (FREIRE, 1994). Esta diminuição na densidade demográfica resultou em uma redução na pressão sobre os estoques pesqueiros.

De acordo com Verissimo, (1895) o repovoamento das áreas à margem dos rios ocorreu quando a exploração de látex promoveu um surto migratório para a região. As dificuldades de abastecimento tornaram estes novos habitantes das várzeas amazônicas tão dependentes dos recursos naturais, particularmente pescado, quanto seus antecessores indígenas. Esta dependência levou ao aumento da pressão de pesca sobre os estoques naturais, principalmente sobre algumas espécies como o peixe-boi (*Trichechus inunguis)*, a tartaruga (*Podocnemis expansa)* e o pirarucu (*Arapaima gigas),* resultando em séria depleção de seus estoques (VERÍSSIMO, 1895).

A importância da atividade pesqueira na bacia Amazônica pode ser inferida através do elevado consumo de pescado na região, superior a de outras regiões do país e a de outros países com larga tradição pesqueira: 167 g/*per capita.*dia na cidade de Manaus, para a classe de renda mais baixa (SCHRIMPTON & GIUGLIANO, 1979); superior a 500 g/*per capita*.dia, na zona rural da Amazônia Central (BATISTA *et al.*, 1998); e 369 g/*per capita*.dia para a população ribeirinha do Lago Grande de Monte Alegre, zona rural do Estado do Pará (CERDEIRA *et al.*, 1997)

A dependência dessa região em relação aos estoques pesqueiros e o crescimento demográfico elevado da cidade de Manaus, fez com que fosse sugerido este trabalho, no qual se propõe o uso de estratégias de modelagem para avaliar a sustentabilidade dos recursos pesqueiros na cidade de Manaus-Am.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Sustentabilidade na Pesca

A Amazônia apresenta uma diversidade florística e faunística incomparável a qualquer outro biótopo do planeta (AYRES & BEST, 1979).

A sustentabilidade, dentre as várias definições a ela atribuída, pode ser conceituada como aquela gerada pelo desenvolvimento que satisfaz as necessidades de hoje sem afetar a obtenção dessa mesma satisfação às gerações futuras (GRAYMORE, 2005).

Nesta região, a pressão sobre os estoques naturais vem sofrendo amplas variações de intensidade ao longo do tempo. Esta pressão está relacionada com o número de pessoas utilizando estes recursos tanto para subsistência quanto para geração de renda. (FURTADO, 1981), (AYRES & BEST, 1979).

A dieta básica da região é composta de pescado, cereais e tubérculos. (SHRIMPTON E GIUGLIANO,1979).

A falta de medidas que contribuam para o manejo adequado dos recursos pesqueiros já resultou na sobrexplotação de estoques, como: tambaqui (*Colossoma macropomum*), desembarcado em Manaus (PRETERE,JR., 1983).

A despeito dos conflitos de interesse e dos embates presentes ou futuros, parece haver um consenso de que a manutenção da integridade do ecossistema amazônico é fundamental para todo e qualquer tipo de iniciativas que visem à sua exploração e desenvolvimento em bases sustentáveis. Nesse contexto, independentemente de políticas, métodos, estratégias, táticas ou técnicas evocadas ou levadas a termo, a educação ambiental é o fundamento dessa sustentabilidade. A educação ambiental é o foco especial desse contexto porque, além de constituir-se num instrumento capaz de garantir a eficácia da pesca e promover a utilização dos recursos pesqueiros de forma sustentável, ela também é um fim em si mesmo, responsável pela autoafirmação da região, senso de cidadania de seu povo e de realização plena das pessoas que aí vivem e trabalham. Fica claro, portanto, que a conservação dos recursos pesqueiros não deve ser uma atribuição apenas dos que participam diretamente da pesca, mas também de pecuaristas, industriais, fazendeiros, sitiantes, consumidores, poder público e sociedade em geral. Isso significa que a gestão dos recursos pesqueiros deve estar inserida na gestão ambiental ampla e ser feita de forma compartilhada entre todos os agentes sociais. Para isso, é de fundamental importância e urgência a educação ambiental, a qual deve constituir-se não apenas em instrumento de impregnação de saberes e valores, mas, sobretudo, como forma de correção e aperfeiçoamento dos valores reinantes na sociedade capitalista em que vivemos dominada pela cultura do egoísmo e do lucro fácil, a qualquer custo. (MENDES et.al, 2005).

É praticamente impossível determinar com certa precisão o potencial pesqueiro da bacia Amazônica, entretanto, cálculos efetuados por Bayley e Petrere Jr. (1989) e Merona (1993) dão conta de valores situados entre 270 mil e 902 mil toneladas/ ano, com base num rendimento médio de 40 a 60 kg/ ha/ ano.

Para preservar estoques de recursos naturais, os seus administradores necessitam de métodos que ajudem a compreender e a prever os efeitos de políticas ambientais (CONSTANZA & VOINOV, 2001).

2.2 Capacidade de Suporte

A capacidade do suporte (K) é considerada a maior quantidade de biomassa populacional de uma espécie que pode ser sustentada em um espaço limitado sob determinadas condições (ODUM, 1988). O conceito de capacidade de suporte abrange tanto populações humanas, quanto os demais organismos (PAEHLKE, 1995), mas, estudos tendo como foco o primeiro grupo têm se destacado entre aqueles que usam essa abordagem voltada para análise do meio ambiente. A capacidade de suporte também pode ser definida como a capacidade que um sistema tem de absorver uma dada ação humana e esta varia de acordo com a forma com que o homem maneja seus recursos naturais (DIAS, 1994), (TOMMASI, 1994). Em ecologia humana, esse conceito implica no nível ótimo de desenvolvimento e tamanho da população com base em fatores de interação complexa como: físicos, sociais e psicológicos (CAREY, 1993). De acordo com este conceito, um grupo de organismos não consegue manter-se no nível máximo K do ambiente no mundo real, pois é provável que os limites sejam ultrapassados, quer pelo excessivo número de habitantes ou pela redução na disponibilidade de recursos. Isso pode resultar em danos para a capacidade produtiva do ambiente, levando a uma redução, pelo menos temporária, nos valores de K (ODUM, 1988).

A capacidade de suporte provê uma estrutura ideal para examinar e organizar os objetivos de desenvolvimento. O uso da avaliação capacidade de suporte para a sustentabilidade é altamente apropriada, mas, infelizmente, muitas vezes falta nas considerações sobre o desenvolvimento. Informações sobre a capacidade de suporte devem levar a escolhas mais sapientes de tipos de projetos a serem aprovados. (FEARNSIDE, 1979)

2.3 Modelagem Estocástica

A modelagem consiste em um conjunto de técnicas, cada vez mais usadas como ferramentas destinadas a representar quantitativamente o funcionamento de um ecossistema (JørRGENSEN, 1999), possibilitando a construção de cenários resultantes de alterações

naturaise/ou antrópicas. Esse processo geralmente começa com a construção deum diagrama de compartimentos, que representam as partes de um sistema (ODUM, 1988).
As fases para a construção de um modelo são as seguintes:

1)Construção do Modelo Conceitual - De acordo com Morán (1990), o momento mais apropriado para a construção de um modelo conceitual se dá no início da investigação de um sistema, para possibilitar tanto a inclusão de fatores já reconhecidos como importantes, quanto à exploração hipotética das conexões entre os diversos componentes existentes. O modelo conceitual é a forma com que se percebe a realidade. Podendo ser estabelecido no conhecimento que se tem sobre o objeto de estudo, adquirido por meio de observações diretas. A sua definição ocorre a partir de uma teoria geral, que serve de base para a seleção e combinação de uma série de variáveis, que se supõe que descrevam o sistema. Essa fase deve preceder qualquer experimento de campo (GOMES & VARRIALE, 2001).

2) Coleta de dados - A construção do modelo conceitual indica quais as variáveis que deverão ser coletadas para alimentar o modelo. A coleta de dados a ser executada para análise de um sistema deve ser suficientemente abrangente para caracterizar o ambiente a ser estudado, suprindo as demandas observadas no modelo conceitual. Pode ser feita mediante experimentos, entrevistas, levantamento bibliográfico, entre outros.

3) Definição das variáveis - As informações obtidas por meio da coleta de dados e do conhecimento adquirido pelo levantamento bibliográfico sobre o sistema, deverão conduzir à escolha das variáveis que farão parte do modelo. Nessa fase podem ser retiradas ou acrescentadas variáveis ao modelo conceitual anteriormente proposto. Muitas vezes bastam poucas variáveis para servirem de base a modelos eficazes, pois os fatores-chaves, as propriedades emergentes e integradoras frequentemente dominam ou controlam a maior parte dos eventos do sistema (ODUM, 1988). O critério de seleção das variáveis em análises pesqueiras deve ser a relevância ecológica dos componentes e dos processos dentro do sistema (GOMES & VARRIALE, 2001).

4) Montagem do modelo - A construção do modelo é realizada definindo-se a função de cada elemento na modelagem. Estes elementos muitas vezes dependem do tipo de modelagem a ser feito, se analítico ou computacional e, também, no caso do último, do programa a ser utilizado para modelagem. De acordo com Odum (1988), um modelo é formado por quatro elementos básicos:

• Variáveis*,* conjunto de números que são utilizados para representar o estado ou condições no tempo;
• *Interações entre os componentes,* representadas por equações denominadas de funções de transferência;
• *Entradas no sistema ou fatores que o afetam,* são representadas por equações denominadas funções motrizes, e;
• *Equações matemáticas*, que podem ser denominadas como parâmetros do modelo.

Por outro lado, Ruth & Hannon (1997), consideram que os principais componentes de uma modelagem são os fluxos, os estoques, os agentes conversores e os conectores. Estes componentes, com suas respectivas funções, são listados a seguir:

• *Fluxos* **–** correspondem aos pontos de controle e direcionamento de entrada e saída de energia de dentro dos estoques. Esses podem ser unidirecionais ou bidirecionais.
• *Estoques* **–** representam os pontos de armazenamento dentro dos modelos (não deve ser confundido com estoque pesqueiro). Ex: número de peixes em um lago ou tanque, biomassa de pescado capturada, número de pescadores, etc.
• *Agente Conversor* **-** podem ser funções matemáticas, lógicas, etc., que convertem valores de entrada em saída. Ex: Utilizar dados de entrada de captura e esforço para calcular a CPUE.
• *Conectores* - representam as ligações e o sentido das interações entre as partes do sistema, levando informações de uma variável a outra. Ex: a produção pesqueira está ligada ao número de peixes disponível para pesca, que por sua vez é influenciado pela quantidade de mata ciliar.

5) Estabelecimento das Relações Funcionais - deverão ser propostas relações funcionais (equações matemáticas) entre as variáveis, que terão por base o modelo conceitual e informações que descrevem o sistema e que foram diretamente adquiridas. Uma mesma equação pode ser usada em diferentes modelos, o mesmo processo pode ser descrito por diferentes equações e o número de variáveis exigidas ou desejadas em uma equação varia de caso para caso dependendo da complexidade do sistema (GOMES & VARRIALE, 2001).

6) Rodagem do modelo – consiste no processamento dos dados. Nesta fase, nos modelos computacionais, os dados e as funções inseridas no modelo serão lidos e executados para gerar as respostas resultantes do processo de modelagem. As formas de saídas destas informações podem ser gráficas ou tabeladas. O tempo para a simulação das respostas depende dos objetivos da análise.

7) Validação **-** consiste em avaliar se o modelo construído é capaz ou não, de descrever o comportamento observado experimentalmente. Essa etapa ocorre depois do processo de rodagem, quando é possível observar as respostas obtidas. Nessa fase executa-se a demonstração de que o modelo, dentro do seu domínio de aplicabilidade, possui um espectro satisfatório de precisão, compatível com o objetivo previsto (GOMES & VARRIALE, 2001). Através da validação podem-se verificar quais são as variáveis que influenciam com maior intensidade o sistema, quais são as que não o afetam de forma significativa, quais são os componentes que deixaram de ser inseridos no modelo por falta de dados ou por desconhecimento de sua relevância para análise e, finalmente, se houve erro na entrada de dados ou na formulação das equações matemáticas inseridas. A validade de um modelo é verificada pela sua capacidade de reproduzir o comportamento observado no sistema, através dos dados coletados, e os mecanismos, que refletem a dinâmica dos sistemas originais (GOMES & VARRIALE, 2001; JøRGENSEN, 1997).

Esse procedimento deve ser feito mediante a apresentação de três características:

- Capacidade de reproduzir dados já coletados ou obtidos experimentalmente no sistema (GOMES & VARRIALE, 2001);
- Capacidade de prever, com relativa exatidão, as respostas do sistema frente a mudanças; e.
- Capacidade de reproduzir o comportamento dos sistemas originais (GOMES & VARRIALE 2001; JøRGENSEN, 1997).

8) Construção do modelo final **-** após identificar as partes relevantes do modelo, ele pode ser reformulado para apresentar resultados que representem melhor o objeto de estudo. Após efetuar as alterações necessárias para o aperfeiçoamento do modelo, ele deve ser novamente rodado, para que sejam obtidas as novas respostas sobre o sistema. Se estas preencherem os requisitos de validação, o modelo se transforma de conceitual para final.

As vantagens obtidas no processo de modelagem são muitas. Neste método são limitadas as oportunidades para experimentações, uma vez que podem se inserir vários tipos de perturbações para analisar os seus efeitos sobre um sistema (ODUM, 1988).

Os modelos dão sua principal colaboração, representando situações e substituindo sistemas nos quais estudos de manipulação experimental não são possíveis, como em sistemas ecológicos e econômicos complexos. Algumas das respostas mais interessantes obtidas na construção de um modelo de ecossistema são: as falhas nas coletas de informações que seriam utilizadas para a sua alimentação e a análise da importância relativa de determinados processos e conexões do sistema (CONSTANZA & VOINOV, 2001).

3. Objetivos

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a sustentabilidade dos recursos pesqueiros da cidade de Manaus frente o seu crescimento demográfico.

3.2 Objetivos Específicos

- Utilizar um modelo demográfico para verificar padrões o crescimento populacional de Manaus em relação aos estoques;
- Analisar os possiveis efeitos futuros do crescimento demografico em relação a sustentabilidade dos estoques e alterações no ciclo hidrológico.

4. Metodologia

4.1 Área de Estudo

A área de estudo será a cidade de Manaus (figura 1) que se localiza na microrregião homônima e na Mesorregião do Centro Amazonense, na margem esquerda do Rio Negro, sendo a maior cidade da Região Norte do Brasil, com uma área de 11.401,058 km² e uma densidade de 152,50 hab./km². Limita-se com os municípios de Presidente Figueiredo, Careiro, Iranduba, Rio Preto da Eva, Itacoatiara e Novo Airão.

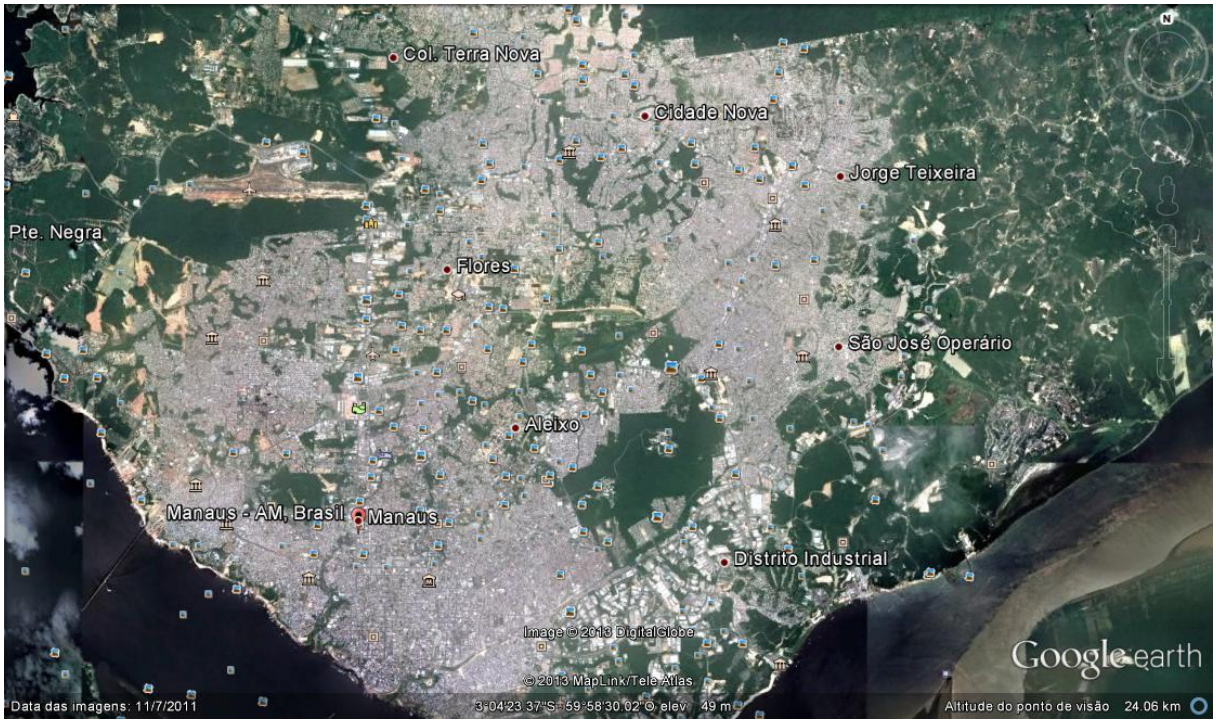


Figura 1. Área de Estudo: cidade de Manaus- Am. Coordenadas Geográficas de Manaus: 3°6 0” S; 60°01’0” W.

4.2 Coleta de dados

A coleta de dados foi executada para modelagem de um sistema que foi suficientemente abrangente para caracterizar o ambiente estudado, suprindo as demandas observadas no modelo. As informações sobre demografia e produção pesqueira foram obtidas nos órgãos governamentais competentes como IBGE, IBAMA, etc. Para a capacidade de suporte dos ambientes pesqueiros da Amazônia foi utilizados os valores obtidos por Bayley & Petrere Jr. (1989). Após a construção do modelo os dados coletados foram utilizados para alimentar o modelo construído.

4.3 Etapas do Processo de Modelagem

Estabelecimento das Relações Funcionais:

Nesta fase foram propostas relações funcionais entre as variáveis. Com base no modelo preliminar e das informações obtidas sobre a área de estudo, foram definidas relações funcionais entre as variáveis. Estas relações funcionais foram equações matemáticas determinísticas, obtidas através da relação entre as variáveis, que estão relacionadas no Anexo I e II.

4.4 Montagem do Modelo

A construção do modelo foi realizada definindo-se a função de cada elemento na modelagem. Estes elementos muitas vezes dependem do tipo de modelagem a ser feito, se analítico ou computacional e, também, no caso do último, do programa a ser utilizado para modelagem. De acordo com Odum *et al* (1988), um modelo é formado por quatro elementos básicos:

- Variáveis, conjunto de números que são utilizados para representar o estado ou condições no tempo;
- Interações entre os componentes, representadas por equações denominadas de funções de transferência;
- Entradas no sistema ou fatores que o afetam, são representadas por equações denominadas funções motrizes, e;
- Equações matemáticas, que podem ser denominadas como parâmetros do modelo.

Por outro lado, Ruth & Hannon (1997), consideram que os principais componentes de uma modelagem são os fluxos, os estoques, os agentes conversores e os conectores. Estes componentes, com suas respectivas funções, são listados a seguir:

- *Fluxos* **–** correspondem aos pontos de controle e direcionamento de entrada e saída de energia de dentro dos estoques. Esses podem ser unidirecionais ou bidirecionais. A ferramenta que simboliza o fluxo no software Stella pode ser observada na figura 2.

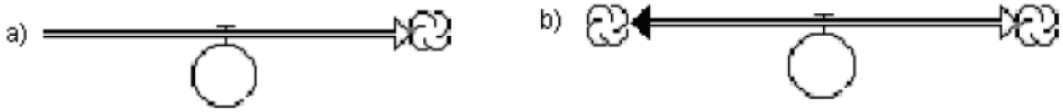


Figura 2: Ferramenta do software Stella que simboliza os fluxos; a) unidirecional b) bidirecional.

- *Estoques* **–** representam os pontos de armazenamento dentro dos modelos (não deve ser confundido com estoque pesqueiro). Ex: número de peixes em um lago ou tanque, biomassa de pescado capturada, número de pescadores, etc. No Stella este componente é representado pelo símbolo abaixo (Figura 3).

Figura 3: No software Stella o estoque é representado por um retângulo.

- *Agente Conversor* **-** podem ser funções matemáticas, lógicas, etc., que convertem valores de entrada em saída. Ex.: Utilizar dados de entrada de captura e esforço para calcular a CPUE. Os conversores são representados no Stella pela (Figura 4).

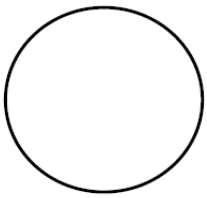


Figura 4: Simbologia adotada para os conversores no Stella.

- *Conectores* - representa as ligações e o sentido das interações entre as partes do sistema, levando informações de uma variável a outra. Ex: a produção pesqueira está ligada ao número de peixes disponível para pesca, que por sua vez é influenciado pela quantidade de mata ciliar. Os conectores são representados no Stella na forma observada na (Figura 5).

Figura 5: Representação dos conectores dentro da interface do Stella.

A construção do modelo utilizando os ícones descritos acima pode ser observada na figura abaixo (Figura 6). Esse modelo foi construído com os dados obtidos, sendo o Modelo Final deste trabalho.

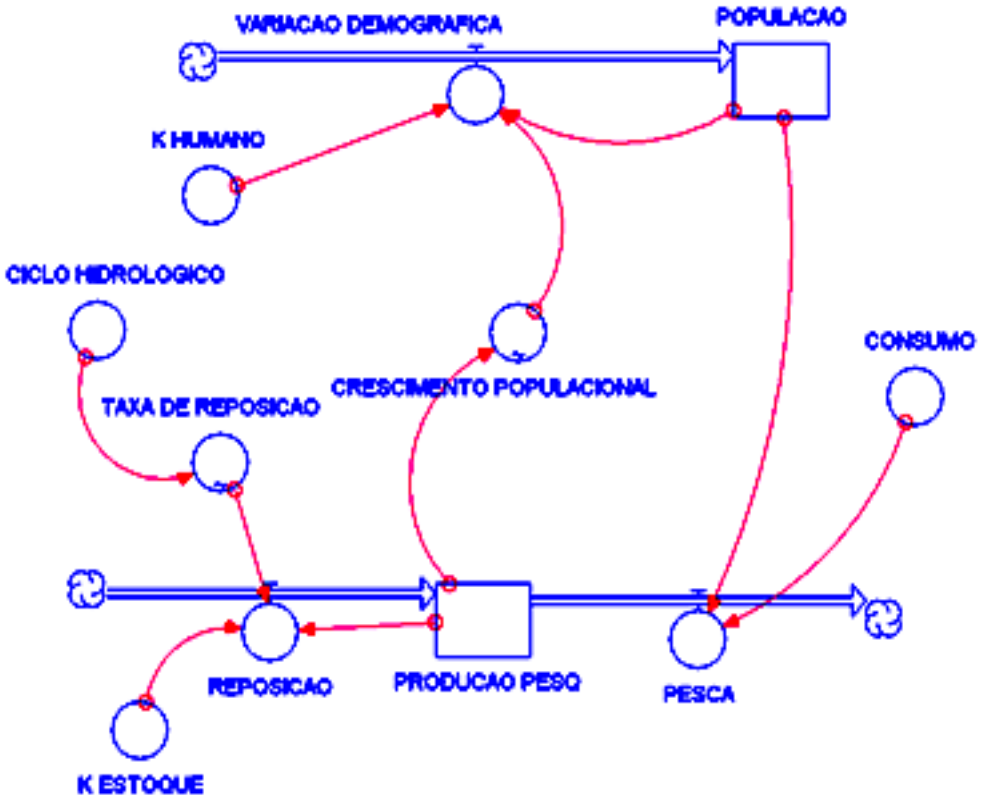


Figura 6: Modelo Final realizado no programa Stella.

5. **Parâmetros utilizados no modelo demográfico:**

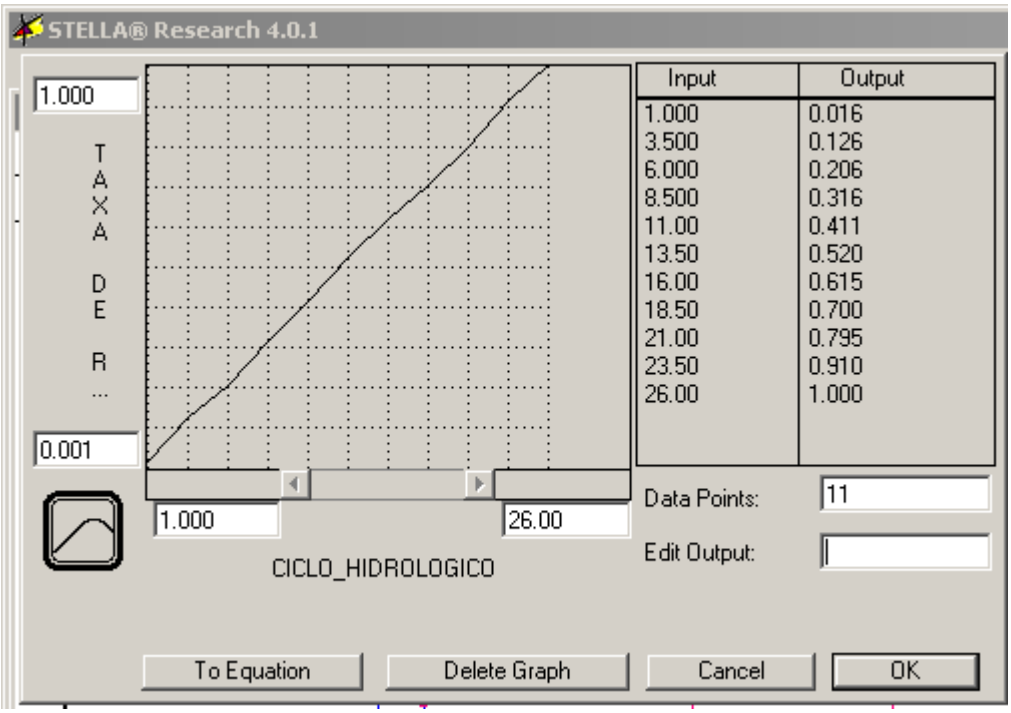
Nesta fase foram definidos quais eram os fluxos energéticos, as fontes, os pontos de armazenamento, as perdas (descargas) e as interações entre os parâmetros (SOUZA, 2003).

População - Calculada a partir do número de habitantes obtidos pelo IBGE (2013), sendo 1.485.835 indivíduos. A função inserida foi: População (t-dt) + (variação_demográfica)-dt.

Variação Demográfica - Fluxo de entrada existente no modelo demográfico, que representa a entrada de pessoas para a população de Manaus. Esse conversor recebe influência da capacidade de suporte humano e do crescimento populacional. A função inserida nessa variável de entrada foi: Crescimento_populacional * população (1-(população/K_Humano).

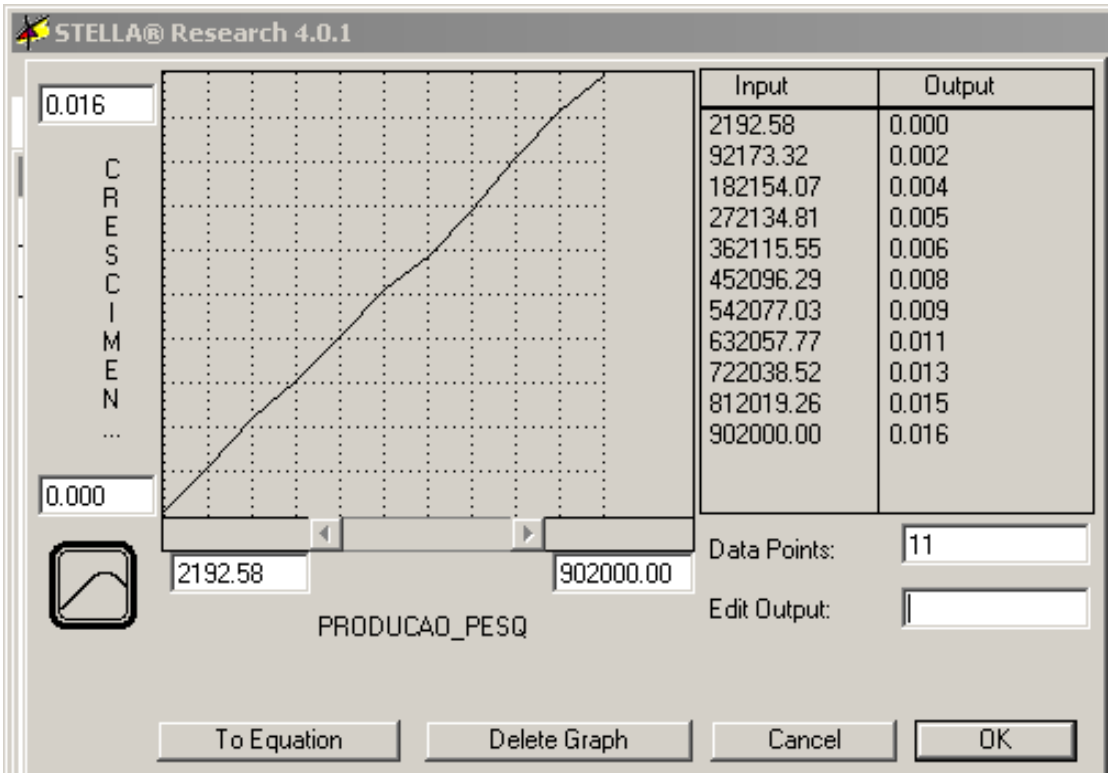
Consumo – Esse conversor representou o consumo per capita mensal da população de Manaus. Agente conversor foi estabelecido como 0,00016 toneladas, baseado nos valores calculados por Shrimpton, R; Giuliano, R. (1979) para o consumo anual na cidade de Manaus. A necessidade da conversão para toneladas se deu pela necessidade em padronizar os dados de entrada e saída, uma vez que o consumo afetaria a pesca que era representada em toneladas.

Taxa de Reposição – conversor que representa a reprodução dos estoques pesqueiros, que foi inserido no modelo como sendo somente no pico do ciclo hidrológico. Variável representada por uma função gráfica dependente do ciclo hidrológico, conforme o representado abaixo:



Reposição - São Fluxos de entrada dependentes da capacidade de suporte do estoque pesqueiro. Este foi calculado pela seguinte fórmula: taxa_de_reposição * produção_pesq/k_estoque.

Crescimento Populacional - Calculada mensalmente a partir das taxas de crescimento da cidade de Manaus obtidos através da SEPLAN e considerada no modelo dependente pela produção pesqueira, no modelo foi representada por função gráfica, conforme o representado abaixo.



Produção Pesqueira- valor estabelecido através dos dados disponibilizados para SEPLAN (2013), para produção pesqueira de Manaus no ano de 2012.

Pesca - São fluxos de saída de peixes da produção pesqueira, sendo dependentes do número da população e de consumo *per capita*. O valor base para pesca foi obtido através dos dados de desembarque pesqueiro da SEPLAN (2013) em toneladas.

Capacidade de Suporte

A capacidade suporte da presa foi considerada como igual aos valores estabelecidos inicialmente para presas, obtidos pelo método de Bayley (1981), e dessa forma, foi considerado que o estoque ainda se encontra no estado de biomassa virgem. Esta simplificação foi necessária

pela ausência de informações que permitissem estimar a biomassa atual nos ambientes aquáticos em face do processo de explotação a que estes foram submetidos. É importante ressaltar que, em razão da dinâmica de todo o sistema, determinada pelo pulso de inundação (JUNK *et al*., 1989), consideramos esta suposição bastante robusta. A unidade dessa variável é a biomassa em toneladas.

Para as relações funcionais da capacidade de suporte foi utilizada a função utilizada por Verhulst (1838), conforme o relacionado abaixo:

$$dN / dt = r N (K – N) / K$$

Onde:

dN / dt = taxa de aumento da população

N = tamanho da população

r = capacidade ambientais vigentes (= a taxa instantânea de natalidade menos a taxa instantânea de mortalidade , para uma população fechada contra imigração e emigração)

K = densidade de saturação ou capacidade de suporte logístico.

K Humano - Agente conversor que representa Capacidade de Suporte humano. Devido a inexistência de valores que representa-se a capacidade de suporte humano na região foi simulados dois valores para o representar. O primeiro valor inserido foi 2.809.670 indivíduos, calculado através do número de habitantes de Manaus multiplicado por dois. O segundo foi o triplo do valor inicial identificado para população.

K Estoque (Agente conversor) - calculado a partir dos resultados obtidos de acordo com Bayley & Petrere Jr. (1989). Onde esses autores estimam que o potencial produtivo anual da bacia seja de 902.000 toneladas/ano. Uma vez que os pescadores desembarcam em Manaus pescado oriundo de toda bacia, este valor foi empregado como sendo a capacidade de suporte dos estoques pesqueiro no sistema analisado.

Ciclo Hidrológico - Para gerar o primeiro gráfico do ciclo hidrológico na forma de ondas que oscilam sempre com a mesma amplitude (25 metros), foi inserida a seguinte função: - sinwave (12.5,12)12,5+1 que promove a formação de ondas, que no modelo simulou o pulso de inundação

na região (JUNK et al., 1989). O ciclo hidrológico teve amplitude de 1 a 25, tendo um pico na cheia e um de seca (figura 7). Para gerar o gráfico do ciclo hidrológico na segunda simulação onde as ondas oscilam de forma aleatória, foi adicionada foi testado um segundo conversor ciclo hidrológico à equação anterior a função Randon (+5,-5), fazendo assim as ondas do sistema oscilar considerando que os valores da onda anteriormente descritos terão seus valores acrescidos ou reduzidos de valores que vão de +5 ou -5 ao longo do período analisado (Figura 8). Dessa forma pretendeu-se representar tanto as oscilações referentes a repiquetes, quanto as secas e cheias extremas na região. As funções utilizadas em ambos os casos estão relacionadas nos Anexos I e II.

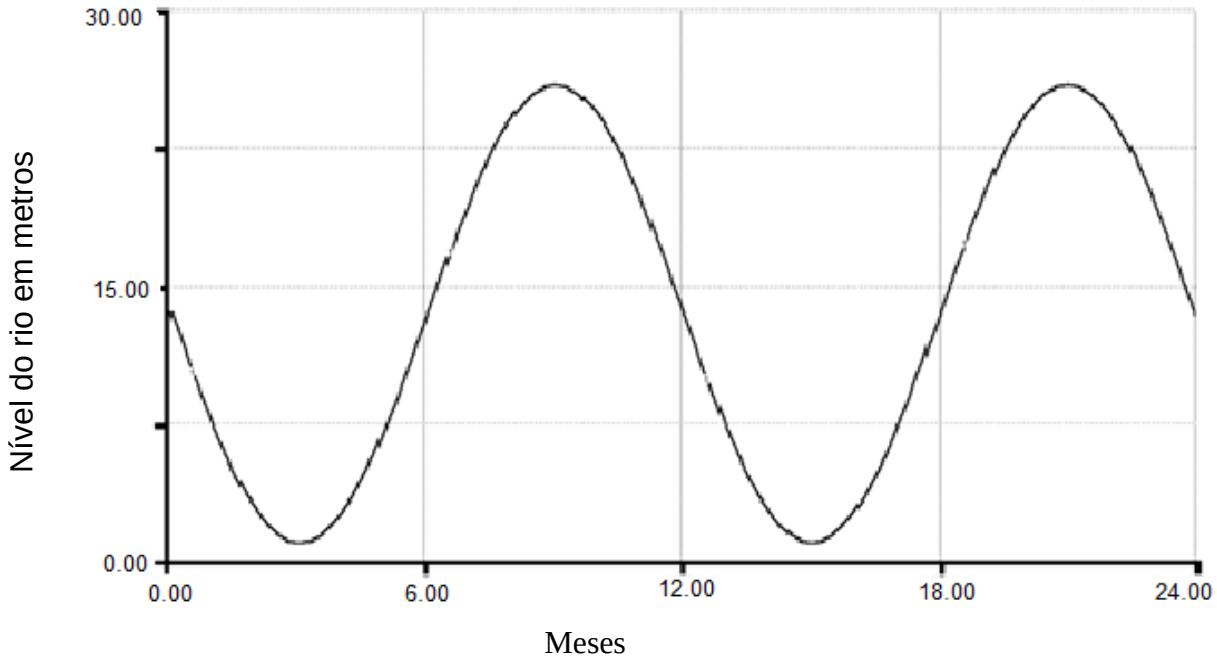


Figura 7: Ciclo Hidrológico criado no modelo gerando ondas de amplitude constante.

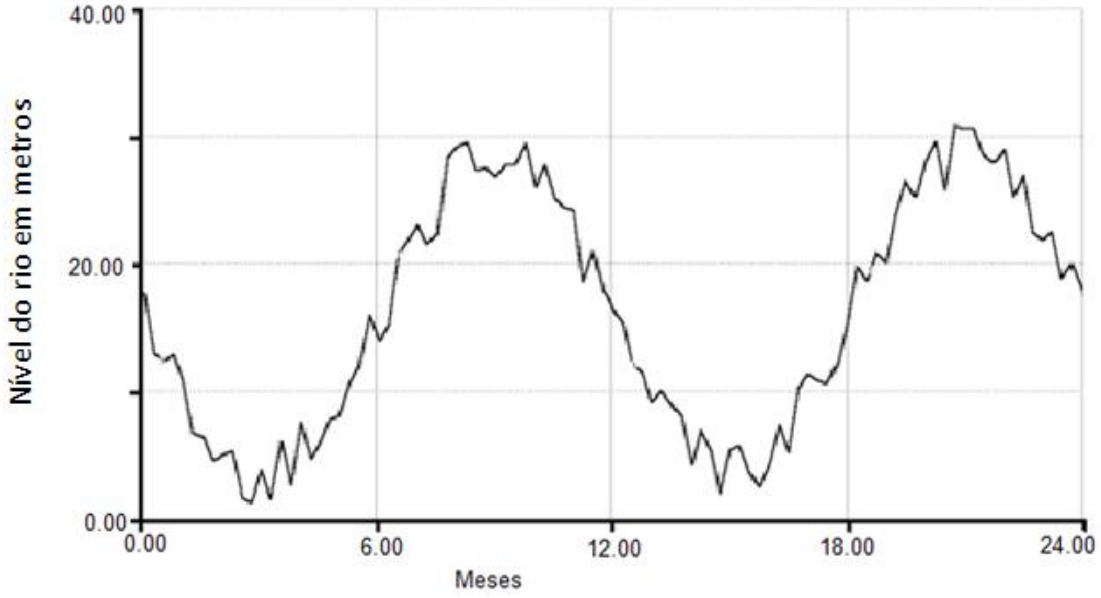


Figura 8: Ciclo Hidrológico de amplitude aleatória, representando cheias e secas extremas.

6. Rodagem do modelo

Consiste no processamento dos dados. Nesta fase, os dados e as funções inseridas no modelo foram lidos e executados para gerar as respostas resultantes do processo de modelagem. As formas de saídas destas informações foram em forma de gráfico. O tempo para a simulação das respostas para cada cenário foi diferenciado de forma para possibilitar a visualização do momento de alcance da capacidade de suporte do sistema. A roda do modelo teve como unidade de tempo os meses, e foi rodado por 1500 meses.

7. Validação do modelo

A validação do modelo consiste em avaliar se o modelo construído é capaz ou não, de descrever o comportamento observado experimentalmente. Nesta fase da modelagem ocorre a demonstração de que o modelo, dentro do seu domínio de aplicabilidade, possui um espectro satisfatório de precisão compatível com a aplicação prevista para o modelo (GOMES & VARRIALE, 2001). A validação do modelo foi feita mediante a comparação dos dados de saída do modelo com:

1) Resultados anteriormente publicados sobre a área de estudo;

2) Valores obtidos experimentalmente (GOMES & VARRIALE, 2001);

3) Padrões de comportamento existentes na literatura sobre demografia, pesca e estoques pesqueiros.

8. Simulação e Construção de Cenários.

As informações obtidas na coleta de dados foram usadas para o desenvolvimento das simulações e para a construção de cenários futuros de demografia e sustentabilidade na cidade de Manaus-Am.

Cenários testados:

- **Cenário I-** Foi considerado que K- suporte de Manaus ocorreria quando o número de habitantes de Manaus, o que segundo SEPLAN (2013) é de 2.106.861 pessoas, fosse o dobro da população atual, ou seja 4.213.722 indivíduos.
- **Cenário II-** Para este cenário foram testados vários níveis populacionais para representar o K, até encontrar um nível que atingisse a sobrepesca dos estoques. Este nível ocorreu quando a população atingiu 210.686.100 habitantes, valor utilizado na variável K populacional da cidade de Manaus.

9. Resultados e Discussão

Neste trabalho foram considerados dois cenários abaixo descritos.

Cenário I- K- suporte de Manaus considerado como sendo o dobro da população atual.

Para o cenário I foi observado o seguinte comportamento do sistema referente à utilização do ciclo hidrológico em forma de ondas. O crescimento demográfico afetou os estoques fazendo com que atingissem seu k de produção rapidamente. Ao atingir a capacidade de suporte a produção pesqueira se estabiliza aproximadamente aos 375 meses, não conseguindo acompanhar o aumento da população que por sua vez não conseguiu atingir seu k durante o período simulado (figura 9). Quando o desembarque está próximo ao seu limite o mesmo dá um sinal de que está próximo ao seu k por meio de redução na taxa de crescimento dos desembarques após 187 meses de simulação, voltando a crescer em seguida. Além disso, com o aumento demasiado da população, a produção não consegue mais aumentar tornando-se estável ao atingir o K, após esse período são perceptíveis leves oscilações nos desembarques causados provavelmente por influência do ciclo hidrológico.

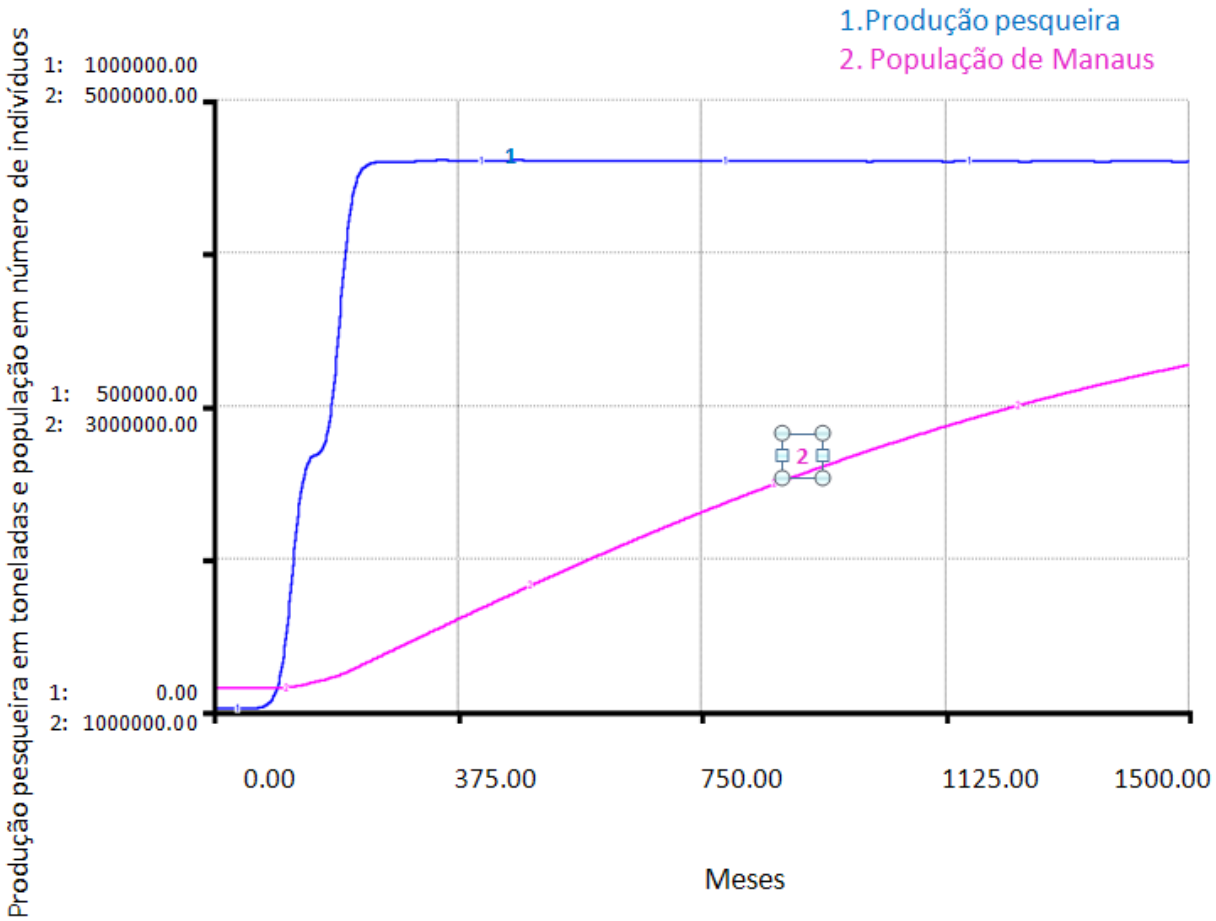


Figura 9: Comportamento do da Produção Pesqueira em relação à população (Ciclo Hidrológico em ondas) para o Cenário I.

Quando se introduz a componente de aleatoriedade a produção pesqueira atinge mais rapidamente a capacidade de suporte, a oscilação que precede o K da produção não é mais perceptível como no sistema de oscilações previsíveis. Em conseqüência disso, houve um aumento na taxa de crescimento populacional é também uma redução no valor de k, que pode ser observado na figura 10, por volta de 375 meses de simulação. Foi possível detectar após atingir o k leves alterações nos valores de produção em virtude do ciclo hidrológico. Já a simulação do número de habitantes de Manaus, apresentou o mesmo padrão de curva do cenário anterior, porém com velocidade de crescimento demográfico um pouco mais acentuado (figura 10).

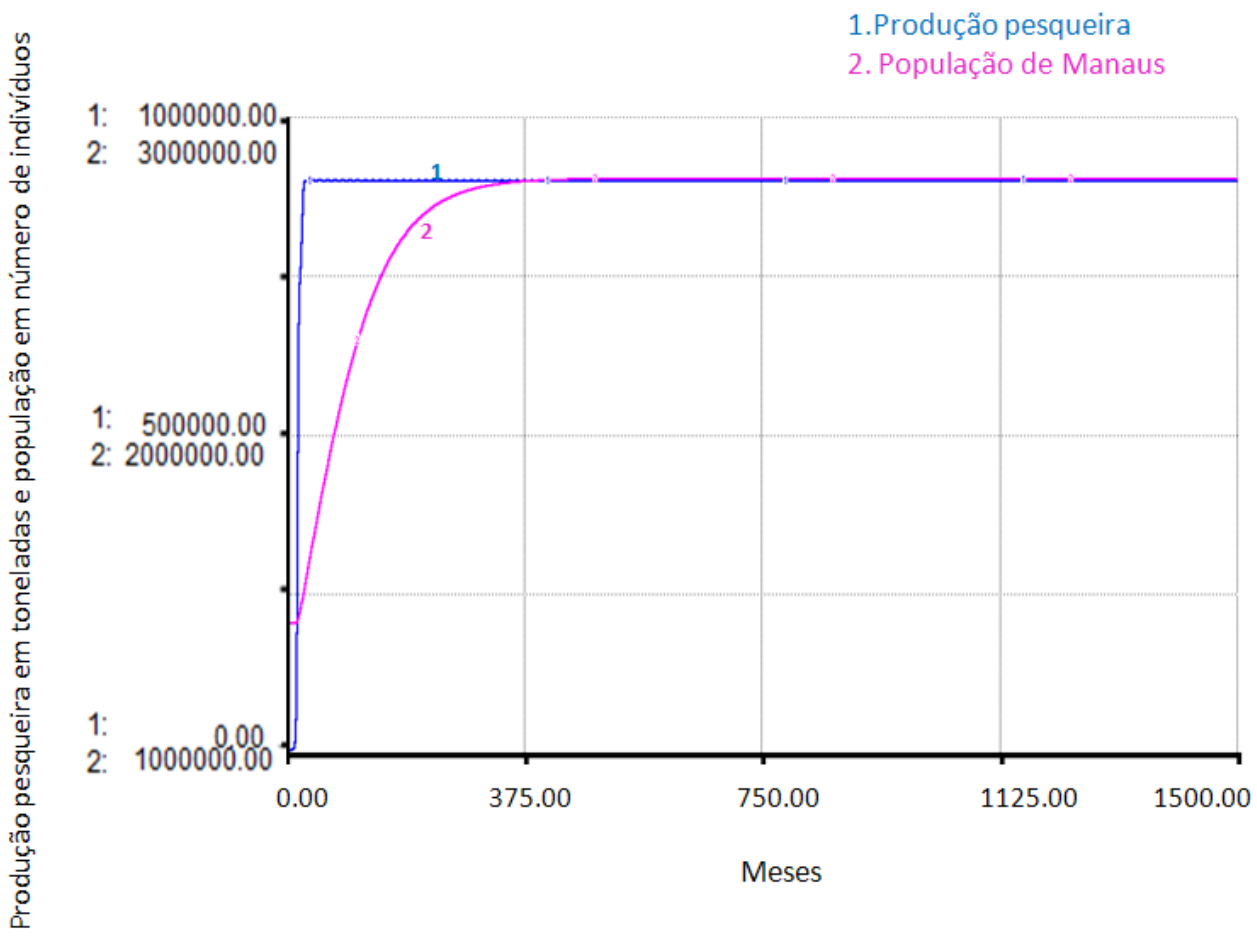


Figura 10: Comportamento do da Produção Pesqueira em relação à população (Ciclo Hidrológico aleatório) para o Cenário I.

Cenário II - Onde o K de suporte atingiu 210.686.100 habitantes

Para o cenário II foi observado que o comportamento do sistema referente à utilização do ciclo hidrológico em forma de ondas resultou em um crescimento mais lento da população apesar do nível de k demográfico mais elevado que este atinge. Os níveis populacionais atingem seu k aproximadamente aos 375 meses de simulação, bem depois de ser atingido o K da produção pesqueira. Esta por sua vez, ultrapassa a capacidade de suporte do ambiente, não conseguindo mais retornar os níveis antes atingidos. Apresentando queda na produção, que declina durante o período analisado e tornando-se cada vez mais dependente das oscilações do ciclo hidrológicos. Apesar das variações produtivas, a amplitude as variações é constante ao longo do tempo, sendo assim previsíveis (figura 11)

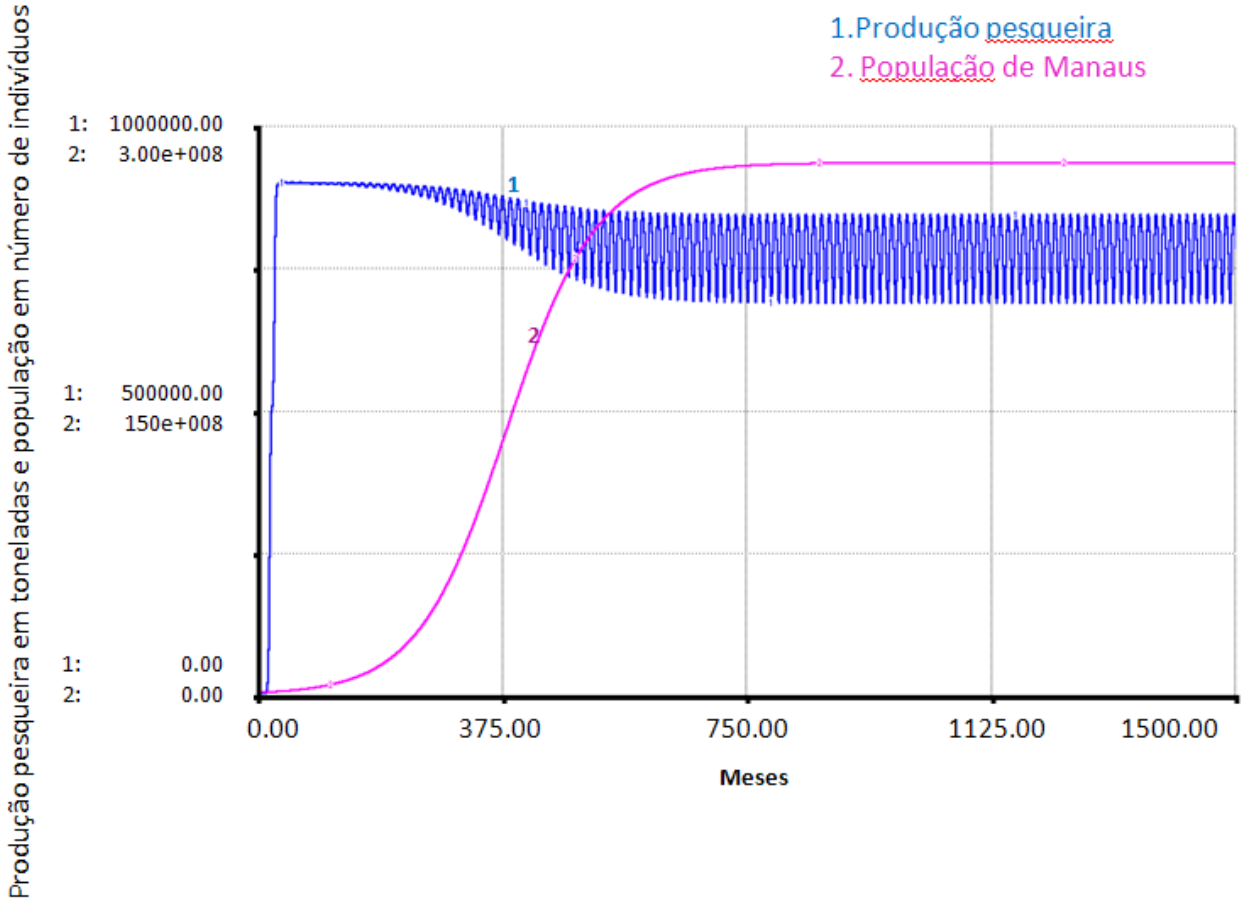


Figura 11: Comportamento do da Produção Pesqueira em relação à população (Ciclo Hidrológico em ondas) para o Cenário II.

No sistema de ciclo hidrológico aleatório apresentou resultado semelhante ao observado na figura 11, porém a imprevisibilidade dos níveis do rio refletiu-se em uma produção também imprevisível, pois as amplitudes da variação da produção também se tornam relativamente instáveis. (Figura 12). O padrão demográfico foi também semelhante à figura anterior, porém a taxa de crescimento populacional foi relativamente maior. O comportamento das variáveis analisadas foi semelhante ao observado no cenário I, Figura 10.

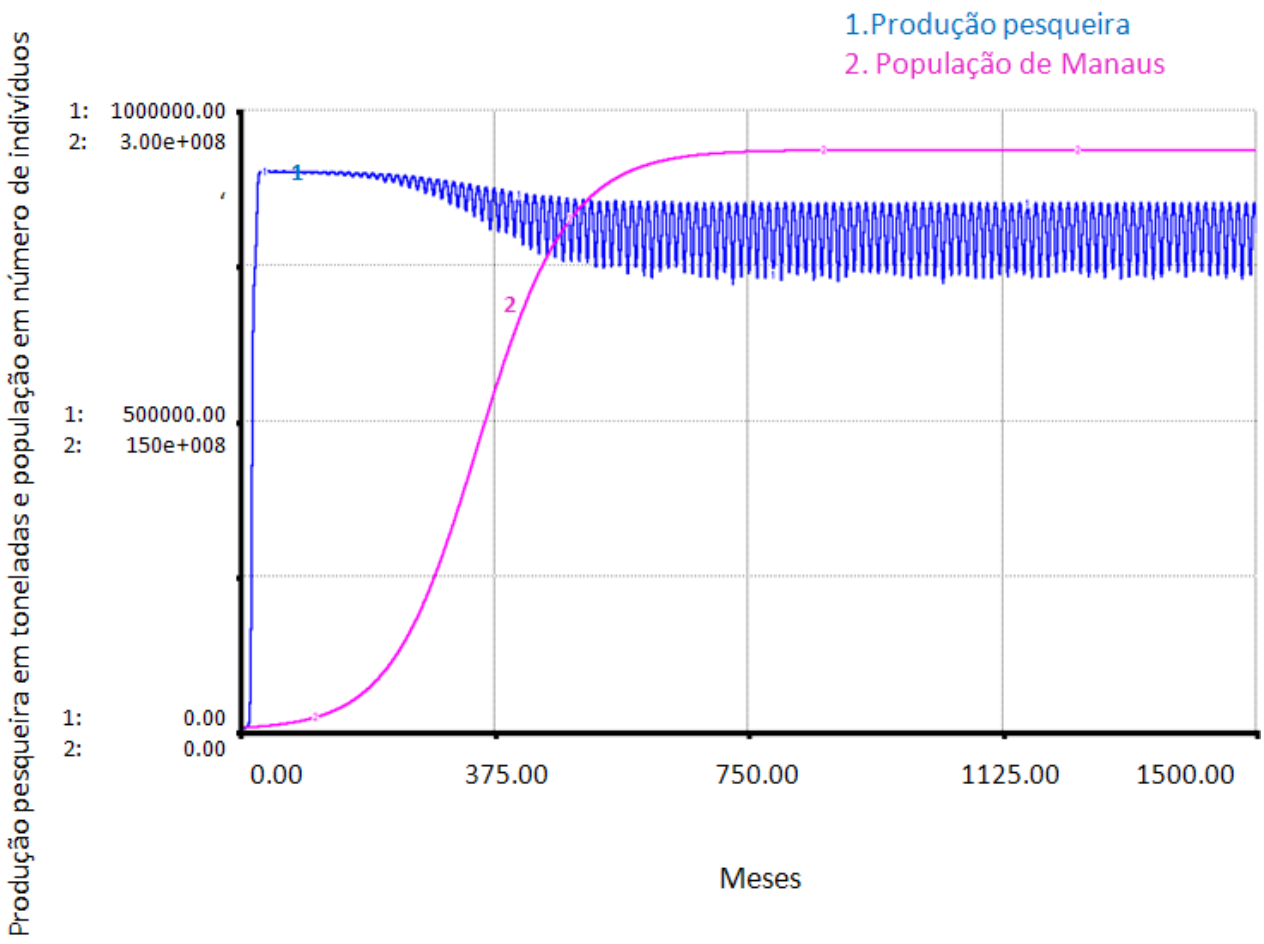


Figura 12: Comportamento do da Produção Pesqueira em relação à população (Ciclo Hidrológico aleatório) para o Cenário II.

A oscilação em ondas no primeiro gráfico do ciclo hidrológico (figura 7) é uma simplificação do ocorre na realidade com essa variável, tendo em vista que o comportamento da amplitude ciclo hidrológico não é constante ao longo dos anos. Periodicamente, há variações no nível do rio, por isso foi útil simulá-lo associado à função RANDOM, o que possibilitou a introdução da aleatoriedade da amplitude do ciclo hidrológico no sistema (Figura 8), tornando os resultados mais realistas. Modelos nunca imitam sistemas inteiros, mas apenas fazem aproximação do comportamento de certo aspectos dos mesmos, porém simplificações massivas na construção de qualquer modelo limitam o raio de resultados, mas tem também vantagens, pois facilitam a interpretação de resultados a baixos custos, equilibrando assim com a perda de realismo das partes omitidas. A introdução da função RANDOM refletiu resultados mais satisfatórios e precisos. Foi utilizada na modelagem a unidade de tempo em meses para obtenção dos cenários. As funções utilizadas para representar o ciclo hidrológico possibilitaram uma simulação do mais realista do que o obtido por Souza (2003 e 2007), e Barão (2012) uma vez que o ciclo hidrológico

simulado pelas autoras foi construído empregando o tempo tendo como unidade o semestre resultaram respectivamente em uma simulação da oscilação do nível rio em zigue-zague ou em ondas de amplitudes fixas.

A variação sazonal do nível fluvial é uma característica marcante da Bacia Amazônica e tem impacto perceptível sobre a abundância das pescarias (MERONA & GASCUEL, 1993) e conseqüentemente afetando a dinâmica das populações que dela dependem. Seus efeitos são mais evidentes quando o sistema produtivo está próximo ou ultrapassou seus limites. A oscilação nos desembarques quando esses se encontram perto dos níveis de K de suporte no sistema é um padrão comum nos desembarque pesqueiro de estoques próximos a sobrepesca (CUSHING,1981) e já foi observado para recursos pesqueiros da Amazonas em resultados de modelagem por Souza (2003, 2007). Dessa forma, alterações extremas no nível do rio, decorrente de mudanças climáticas associadas a estoques em sobrepesca devem ser monitoradas com cuidado. Devido ao não retorno dos estoques ao nível de produtividade antes de se atingir o k do ambiente, é necessário descobrir os limites do sistema antes que esse seja ultrapassado, para ser então evitado.

A diminuição de alguns estoques pesqueiros da região já é fato bastante conhecido, tanto pela redução da quantidade como do tamanho de algumas espécies. O pirarucu e o tambaqui são claros exemplos disso. Crampton (1999) chama a atenção para o fato de que um grande número de espécies raras ou mesmo endêmicas possa estar sendo explorado na pesca, em níveis acima da capacidade de suporte e, portanto, com sérias ameaças aos estoques naturais.

As variações do ciclo hidrológico são fundamentais para a dinâmica dos peixes na Bacia Amazônica, e envolvem quatro fases distintas (JUNK, 1980), a saber: *Enchente*: fase mais duradoura, quando a maioria das espécies forma cardumes e empreende migrações para desovar, sendo seus ovos e larvas carreadas pela correnteza para as áreas que começam a ser inundadas. *Cheia*: fase de duração curta, é nela que os peixes desovados e os jovens recrutas, se alimentam intensamente, aproveitando alimentos proporcionados pela floresta inundada. Por esse motivo foi escolhido esse período para simular a reposição dos estoques de peixes, pois é a fase de recrutamento biológico. *Vazante*: fase de duração intermediária, na qual os peixes se agrupam para abandonar as áreas da floresta, em direção do canal principal. *Seca*: fase curta, na qual os peixes se tornam mais concentrados, por causa do menor volume de água. Nessa época há maior vulnerabilidade à predação, os peixes se encontram em ambiente com redução do oxigênio nos corpos d'água mais rasos e sob forte influência de material em de composição.

A partir do descrito acima pode se entender que, quando se inseriu o fator aleatório no modelo, aumentando ou reduzindo o nível do rio em 5 metros, se causa duas situações diferenciadas: uma no período da cheia mais pronunciada, onde se tem um ambiente mais propício aos peixes, mais alimento e abrigo, e consequentemente maior reposição do estoques, já

na seca mais intensa maior chance de ser predado, menor quantidade de oxigênio, pouco abrigo e alimento para os organismos não predadores. Dessa forma, altos níveis de inundação parecem ter um efeito positivo sobre a produção pesqueira dos próximos anos (SOUZA & FREITAS, 2001). Tal procedimento de simulação adotado origina respostas de caráter antagônico que devem em parte cancelar seus efeitos em cada uma dessas fases do ciclo hidrológico.

O crescimento demográfico afetou os estoques fazendo com que atingissem seu k rapidamente. A estimação do valor do k demográfico serviu para limitar o valor máximo de pessoas no ambiente, possibilitou a visualização do padrão de inter-relação entre desembarque e população. Na falta de uma variável que representasse mais fielmente o K da cidade de Manaus o mesmo foi escolhido arbitrariamente, dessa forma é difícil saber quando ela atingirá o seu K, qual é o seu valor. Por meio do modelo percebe-se que os desembarques se tornaram limitados para sustentar a população caso ela venha a crescer indefinidamente. Nesse modelo a população está limitada apenas pela existência do estoque pesqueiro, porém na realidade outras fontes de alimento são necessárias, bem como outros fatores que viabilizam a presença humana, dessa forma o K demográfico pode ser ainda maior. Em contrapartida a existência de outras fontes de alimento para os habitantes de Manaus diminuem a demanda por pescado e consequentemente a pressão sobre os estoques.

Apesar dos níveis demográficos é importante verificar que ambas: produção e pesqueira população humana, não se extinguiram em nenhum trecho da simulação, porém para que haja desenvolvimento sustentável deve ser manter os níveis de exploração aquém da capacidade de suporte, a níveis de retorno adequados. Isso porque apesar de no Cenário o k da produção pesqueira não seja ultrapassado de acordo Carey (1993) um grupo de organismos não consegue manter-se no nível máximo K do ambiente no mundo real, pois é provável que os limites sejam ultrapassados, quer pelo excessivo número de habitantes ou pela redução na disponibilidade de recursos.

As pressões ambientais decorrentes do crescimento da população na área urbana de Manaus ocasionaram nos últimos 20 anos grandes alterações em seu espaço físico. Grande parte da poluição dos igarapés e perda da biodiversidade foi e é ocasionada pela dinâmica da expansão urbana da cidade. Este fato não pode ser esquecido, pois não é só o aumento do consumo de pescado exemplificado neste modelo que faz os estoques diminuir, mas também alterações ambientais dentro e fora do ambiente aquático. Este fato pode representar uma diminuição mais rápida dos estoques e uma diminuição no nível do K dos ambientes pesqueiros e humanos.

A expansão da área urbana de Manaus é ocasionada pelo grande crescimento demográfico que a cidade vem enfrentando nas duas ultimas décadas. O crescimento urbano desta cidade foi o maior da região Norte, sendo considerada hoje 12° maior centro urbano do país, e uma metrópole regional, com 1.644.690 habitantes (estimativa IBGE, 2005). Assim como ocorre

nas grandes capitais brasileiras, a ausência de planejamento urbano sistemático e a falta de controle relacionado ao crescimento da cidade ocasionaram sérios problemas ambientais. Através dos dados referentes ao desmatamento, foi possível constatar que a zona urbana da cidade passa por um processo de insustentabilidade, agravado pela expansão urbana e modernização dos espaços intra-urbanos.

Com a expansão desordenada da cidade, o estoque pesqueiro sofre uma alta pressão, tendo em vista que a pesca é uma das atividades mais importantes na Amazônia, constituindo-se em fonte de alimento, comércio, renda e lazer para grande parte de sua população, especialmente aos que residem nas margens dos rios. Segundo Cerdeira *et al*. (1997) e Batista *et al*. (2004), as taxas de consumo de pescado na Amazônia são as maiores do mundo, com media estimada em 369g/pessoa/dia ou 135/Kg/ano, chegando cerca de 600g/dia ou 22Kg/pessoa/ano em certas áreas do baixo rio Solimões e alto Amazonas, constituindo-se na principal fonte de proteínas para as populações humanas residentes.

O número de espécies desembarcadas para o consumo em Manaus é relativamente baixo quando comparado com o número o grande potencial existente. Dez principais espécies representam mais de 80% da produção dos mercados pesqueiros regionais. Por outro lado, espécies pouco procuradas no comércio local décadas atrás, como os peixes lisos, são, hoje, bastante valorizadas, tanto para exportação como para consumo local. Parece haver uma tendência da participação do pescado constituído de espécies secundárias, à medida que as espécies principais vão se tornando menos abundantes e mais caras. Deve ser salientado que o estado particular de cada estoque envolvido na pesca, não pode ser avaliado a partir de dados de produção total quando se trata de uma pesca multiespecífica, como é o caso da efetuada no Amazonas, pois pode haver estoques subexplotados e sobrexplotados (SOUZA & FREITAS, 2001). Dessa forma, este trabalho apenas faz uma simulação para qual foi considerado que a dinâmica dos estoques é a mesma, para estudar o seu padrão de comportamento frente as variáveis testadas.

É praticamente impossível determinar com precisão o potencial pesqueiro da bacia Amazônica, entretanto, cálculos efetuados por Bayley e Petrere Jr. (1989) e Merona (1993) dão conta de valores situados entre 270 mil e 902 mil toneladas/ ano, com base num rendimento médio de 40 a 60 kg/ ha/ ano. Apesar das limitações de estimativas desse tipo, há um dado importante a considerar, que é justamente o fato de o potencial ser bem maior que a produção real atual, em torno de 200 mil toneladas/ ano, segundo Bayley e Petrere (1989). Estes dados de produtividade da Bacia foram fundamentais na simulação, pois foram usados para estabelecer o K dos estoques. Esforços adicionais para aumentar a precisão dessas estimativas seriam fundamentais para viabilizar o uso sustentável dos estoques.

10. Conclusão

- Apesar do crescimento da população de Manaus depender de outras fontes de proteína alterações na produção de pescado afetaram o número de pessoas na região.
- Os níveis de produção de pescado, o comportamento dos peixes e a atividade pesqueira estão intrinsecamente relacionados com os pulsos de inundação.
- Quanto mais o ciclo hidrológico se tornar imprevisível, mas imprevisível será a produção pesqueira.
- Foi possível observar padrões de possíveis efeitos do crescimento demográfico e da oscilação, previsíveis ou não, do ciclo hidrológico na produção pesqueira, levando na maioria dos casos estes a atingirem a capacidade de suporte.
- O melhor quadro observado seria aquele onde o ciclo hidrológico é previsível e onde a população se manteria em níveis mais baixos.
- Independente da simulação efetuada a produção pesqueira atinge o k muito rápido.
- Quanto maior o número de pessoas em Manaus dependente do recurso pesqueiro mais rápido ele chegará ao K de suporte.
- O modelo criado serviu para compreender o padrão de comportamento e de inter-relação entre produção pesqueira e demografia.

11. Referências

AYRES, J. M.; BEST, R. **Estratégias para a conservação da fauna amazônica.** Supl. Acta Amazônica. 1979. 9 (4): 81-101p.

BARÃO, F.S. 2013. **Modelagem do Uso de Recursos Naturais em uma Comunidade Pesqueira: Santa Luzia da Ilha do Baixio, Município do Iranduba, AM.** Monografia apresentada no Departamento de Ciências Pesqueiras, da Faculdade de Ciências Agrárias, na Universidade Federal do Amazonas para obtenção do título de Engenhairo de Pesca. 44pg

BATISTA, V. S. **Distribuição, dinâmica da frota e dos recursos pesqueiros da Amazônia Central.** Tese de doutorado. INPA/FUA. 1998. 291p.

BATISTA, V. S.; INHAMUNS, A. J.; FREITAS, C.E.C.; FREIRE-BRASIL, D. **Characterization of the fishery in riverine communities in the Low-Solimões/High- Amazon region.** Fisheries Management and Ecology, 1998. 5:101-117.

BATISTA, V. S.; ISSAC,V. J. e VIANA, J. P. **Exploração e manejo dos recursos pesqueiros da Amazônia.** Em RUFINO, M. L. (ed.). A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira. ProVárzea. Manaus, Ibama, 2004, pp. 63-152, 268 p.

BAYLEY, P. B. **Aquatic Productivity in Central Amazon "Várzea" in the context of the fishery yield.** 1981. 325-335p.

BAYLEY, P. B.; PETRERE JR. M. **Amazon fisheries: assessment methods, current status, and management options.** In: Dodge, D.P. (ed.) Proceedings of the International Large River Symposium. Canadian Special Publications, Fisheries an Aquatic Science, 1989. 106: 385-398p.

CAREY, D.I. 1993. **Development based on carrying capacity: A strategy for environmental protection**. Viewpoint. Global Environmental Change. 140-148p.

CERDEIRA, R.G.P.; RUFFINO, M.L.; ISAAC, V.J. **Consumo de pescado e outros alimentos pela população ribeirinha do Lago Grande de Monte Alegre, PA** - Brasil. Acta Amazonica**,** 1997. v. 27, n.3, p.213-228.

CONTANZA, R.; VOINOV, A. Modeling ecological and economic systems with STELLA: Part III. **Modelling Ecological.** Elsevier Science. 2001.143: 7p.

CRAMPTON, W. G. R. Plano de manejo preliminar para o uso sustentável de peixes ornamentais na Reserva Mamirauá. Em QUEIROZ, H. L. e CRAMPTON, W. G. R. (eds.). **Estratégias de manejo para recursos pesqueiros na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá.** Brasília, MCT-CNPq/ Sociedade Civil Mamirauá, 1999, pp. 159-176.

CUSHING, D. H. (1981). Fisheries Biology: **A study in population dynamics**. 295p.

DIAS, G. F. 1994. **Educação ambiental***: Princípios e Práticas*. 3a Edição. São Paulo. Editora Gaia. 400p.

EROSTEIN, Marta Dora. Metrópole e Expansão Urbana: **A persistência dos processos insustentáveis.** Perspectiva**.** São Paulo, Sead, no. 01, ano 15, maio 2000, p. 13 –19.

FREIRE, J. R. B**. A Amazônia Colonial**: 1616-1798. 5. ed. Manaus: Editora Metro Cúbico, 1994. v. 1. 75p .

FURTADO, L. G**. Pesca artesanal: Um delineamento de sua história no Pará**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**,** série Antropologia, 1981. 79, 50 pp.

GOMES, A. G; VARRIALE, M. C. **Modelagem de Ecossistemas: uma introdução**. Santa Maria. Editora UFSM. 2001. 504p.

IBGE. ESTATCART. **Sistema de Recuperação de Informações Georeferenciadas. Versão 1.0. Centro de Documentação e Disseminação de Informações – CDDI**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. Em CD-ROM. 2002.

ISAAC, V. J.; ROCHA, V. L. C. e MOTA, S. **Considerações sobre a legislação da 'piracema' e outras restrições da pesca na região do médio Amazonas**. Em FEARNSIDE, P. M. 1985. **Predição da qualidade de queimada na Transamazônica para simulação do agroecossistema em estimativas de capacidade de suporte humano.** *Ciência e Cultura*. 38(11): 1804-1811p.

FEARNSIDE, P.M. 1979. **A simulação da capacidade de suporte para populações agrícolas nos trópicos úmidos:** programa de computador e documentação. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA), 546p.

FURTADO, L.; LEITÃO, W. e MELLO, F. (eds.). **Povos das Águas – realidade e perspectivas na Amazônia. Belém,** MCT/ CNPq/ MPEG, 1993, pp. 188-211, 292 p.

GRAYMORE , M. 2005. Journey to Sustainability*:* **Small regions, sustainable carrying capacity and sustainability assessment methods.** Thesis of the doctorate in Philosophy. Australian School of Environmental Sciences. Griffith University. 439p.

JøRGENSE, S.E. 1999. **Recent trends in environmental and ecological modelling**. *An. Acad. Bras*. *Ci*. 71:4-11p

JøRGENSEN, S. E. 1997. **Integration of Ecosystem Theories: A Pattern, 2, Kluwer Academic Publishers**, The Netherlands, 388 p.

JUNK, W. J. 1980. **Áreas inundáveis – Um desafio para a Limnologia**. Acta Amazônica**.** 10 (4): 775-795 p.

JUNK, W. J.; BAILEY, P. B.; SPARK, R. E. **The flood pulse concept in river floodplains systems.** Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 1989. 106:110-127.

LEITE, R. G. e ZUANON, J. **Peixes ornamentais – aspectos de comercialização, ecologia, legislação e propostas para um melhor aproveitamento**. Em VAL, L.; FIGLIUOLO, R. e FELDBERG, E. Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia: fatos e perspectivas**,** vol. 1. Manaus, Inpa, 1991, pp. 327-331.

MEGGERS, B. **Amazônia: a ilusão de um paraíso.** Rio de Janeiro, Civilização Brasileira, 1977, 207 p.

MERONA, B de. **Pesca e ecologia dos recursos aquáticos na Amazônia**. Em FURTADO, L., LEITÃO, W. e MELO, F. (ed.). Povos das águas – realidade e perspectiva na Amazônia. Belém, MPEG/ UFPA, 1993, pp. 159-185, 292 p.

MERONA, B. & GASCUEL, D. 1993. **The effects of flood regime and fishing effort on the overall abundance of an exploited fish community in the Amazon floodplain**. Aquat. Living Resour. 6. 97-108p.

MENDES S.G , MENDES S.A 2005**. Sustentabilidade da Pesca na Amazônia**. IN Estudos Avançados. 167p.

MINC, Carlos. **A ecologia nos barrancos da cidade. In. O desafio da sustentabilidade: Um debate socioambiental.** VIANA, Gilney; SILVA, Marina e DINIZ, Nilo (org). São Paulo. Editora Perseu Abramo, 2001.

MÓRAN, E. F. 1990. **A ecologia humana das populações da Amazônia**. Petrópolis, RJ: Vozes, 367p.

ODUM , E.P. 1988. **Ecologia**. Versão Traduzida do Livro Basic Ecology. Editora Guanabara Koogan S.A. 434p.

PAEHLKE, ROBERT (ed.) 1995. **Conservation and Environmentalism: An Encyclopedia**. New York: Garland Publishing Co. 195p.

PEREIRA, H. S. **Iniciativas de co-gestão dos recursos naturais da várzea.** Documentos técnicos. ProVárzea. Manaus, Ibama, 2004, 128p.

RUTH, M.; HANNON, B. 1997. **Modeling dynamic economic systems: Stella run-time software. Spring.** 339p.

SEPLAN, 2013. **Anuário Estatístico do Amazonas: 2012**. Governo do Estado do Amazonas V. 25– Manaus: Seplan/Depi, 607p.

SHRIMPTON, R.; GIULIANO, R. **Consumo de alimentos e alguns nutrientes em Manaus:** 1973- 4. Acta Amazônica, 1979. 9 (1):117 - 41.

SIOLI, H. **Amazônia: Fundamentos de Ecologia da Maior Região de Florestas Tropicais.** Ed.Vozes, Petrópolis-RJ. 1985. 85 p.

SOUZA, L. A. de; FREITAS, C. E. de C.**Relação entre o pulso de inundação e a produção pesqueira do Estado do Amazonas, Brasil Ciências Agrárias e Ambientais**, Revista da UFAM, Manaus, v. 1, n. 1/2, p. 73-86, 2001.

SOUZA, L. A. **Sustentabilidade da Pesca Através da Inclusão do Homem em Modelos Predador-Presa: Um Estudo de Caso no Lago Preto, Manacapuru, Amazonas**/ Lucirene Aguiar de Souza - Manaus: INPA /UFAM. 2007. 112p

SOUZA, L. A. Sustentabilidade **Ecológica e Econômica da Pesca de Subsistência na Amazônia Central.** Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Biologia de Água Doce e Pesca Interior. 2003. 139p.

STERGIOU, K.I.; CHRISOU, E.D.; PETRAKIS, G. **Modelling and forecasting monthly fisheries catches: comparison of regression, univariate and multivariatetime series methods.** Fisheries Research. 1997. 29: 55 - 95.

TOMMASI, L. R. 1994. **Estudo de Impacto Ambiental**. São Paulo: CETESB: Terragraph Artes e Informática. 354p

VERHULST, P.F. **Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement.** Correspondence Mathematique et Physique. 1838. 10: 113-121. Tradução inglesa abreviada.

VERÍSSIMO, J. **A pesca na Amazônia.** Livraria Clássica Alves, Rio de Janeiro. 1895. 206p.

Anexo I

Equações do Modelo com ciclo hidrológico com amplitudes fixas

```
POPULACAO(t) = POPULACAO(t - dt) + (VARIACAO_DEMOGRAFICA) * dt
INIT POPULACAO = 2106861
INFLOWS:
    VARIACAO_DEMOGRAFICA =
        CRESCIMENTO_POPULACIONAL*POPULACAO*(1-(POPULACAO/K_HUMANO))
PRODUCAO_PESQ(t) = PRODUCAO_PESQ(t - dt) + (REPOSICAO - PESCA) * dt
INIT PRODUCAO_PESQ = 2192.583
INFLOWS:
    REPOSICAO =
        TAXA_DE_REPOSICAO*PRODUCAO_PESQ*(1-(PRODUCAO_PESQ/K_ESTOQUE))
OUTFLOWS:
    PESCA = POPULACAO*CONSUMO
CICLO_HIDROLOGICO = -SINWAVE (12.5,12)+12.5+1
CONSUMO = 0.00016
K_ESTOQUE = 902000
K_HUMANO = 4213722
CRESCIMENTO_POPULACIONAL = GRAPH(PRODUCAO_PESQ)
(2193, 0.000161), (92173, 0.00176), (182154, 0.00352), (272135, 0.00488), (362116, 0.00648),
(452096, 0.00808), (542077, 0.00936), (632058, 0.011), (722039, 0.0129), (812019, 0.0146), (902000,
0.0146)
TAXA_DE_REPOSICAO = GRAPH(CICLO_HIDROLOGICO)
(1.00, 0.016), (3.50, 0.126), (6.00, 0.206), (8.50, 0.316), (11.0, 0.411), (13.5, 0.52), (16.0, 0.65), (18.5,
0.735), (21.0, 0.815), (23.5, 0.91), (26.0, 1.00)
```

Anexo II

Equações do Modelo com ciclo hidrológico de amplitude aleatória

```
POPULACAO(t) = POPULACAO(t - dt) + (VARIACAO_DEMOGRAFICA) * dt
INIT POPULACAO = 2106861
INFLOWS:
    VARIACAO_DEMOGRAFICA =
        CRESCIMENTO_POPULACIONAL*POPULACAO*(1-(POPULACAO/K_HUMANO))
PRODUCAO_PESQ(t) = PRODUCAO_PESQ(t - dt) + (REPOSICAO - PESCA) * dt
INIT PRODUCAO_PESQ = 2192.583
INFLOWS:
    REPOSICAO =
        TAXA_DE_REPOSICAO*PRODUCAO_PESQ*(1-(PRODUCAO_PESQ/K_ESTOQUE))
OUTFLOWS:
    PESCA = POPULACAO*CONSUMO
CICLO_HIDROLOGICO = -SINWAVE (12.5,12)+12.5+1+RANDOM(0,5)
CONSUMO = 0.00016
K_ESTOQUE = 902000
K_HUMANO = 4213722
CRESCIMENTO_POPULACIONAL = GRAPH(PRODUCAO_PESQ)
(2193, 0.000161), (92173, 0.00176), (182154, 0.00352), (272135, 0.00488), (362116, 0.00648),
(452096, 0.00808), (542077, 0.00936), (632058, 0.011), (722039, 0.0129), (812019, 0.0144), (902000,
0.0159)
TAXA_DE_REPOSICAO = GRAPH(CICLO_HIDROLOGICO)
(1.00, 0.016), (3.50, 0.126), (6.00, 0.206), (8.50, 0.316), (11.0, 0.411), (13.5, 0.52), (16.0, 0.65), (18.5,
0.735), (21.0, 0.815), (23.5, 0.91), (26.0, 1.00)
```