



Produção pesqueira e sua relação com as oscilações do ciclo hidrológico e o crescimento demográfico da cidade de Manaus-Am.

Luana Simas Montenegro¹, Lucirene Aguiar de Souza²

Submetido 16/01/2016 – Aceito 04/07/2016 – Publicado on-line 31/08/2016

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 proteico 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. Em todos os cenários testados os resultados mostram que a produção pesqueira e população de Manaus não chegaram ao zero. Apesar de saber que, o crescimento da população de Manaus depende de outros fatores não relacionados à disponibilidade de alimento e de outros itens proteicos que podem substituir o pescado, alterações na oferta de peixe afetaram o número de pessoas nesta cidade.

Palavras-Chave: modelagem hidrológica, modelos demográficos, capacidade de suporte humano.

Fisheries production and its relation to fluctuations of the hydrological cycle and demographic growth of the city of Manaus - Am.

The modeling of ecosystems is a holistic approach in which their results may serve as a guide for policy decisions on economic and ecological systems. The city of Manaus has strong dependence of fisheries production for the protein supply of its population. The population growth of the city cause increasingly demand for this product. In this way this study proposes to use strategies of modeling to assess the sustainability of fisheries resources in the region facing your demographic growth. In this model were added functions that will represent the fisheries production and the capacity of these stocks to support. Through this model were simulated future scenarios as regards the changes in the state of the stock, generated by population growth. It was possible to observe patterns of possible effects of population growth and the oscillation, foreseeable or not, the hydrological cycle in the stocks fishing grounds, always taking these to achieve the ability to quickly support. In all tested scenarios the results show that the fisheries production and population of Manaus not arrived at zero. Despite knowing that the growth of the population of Manaus depends on other factors not related to the availability of food and other protein items that can replace fish, changes in supply of fish affected the number of people in this city.

Key-words: hydrologic modeling, demographic models, human carrying capacity.

¹ Curso de Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3000, Coroado, Manaus, AM, luana.s.montenegro@gmail.com

² Professora Adjunta III, do Departamento de Ciências Pesqueiras, Universidade Federal do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3000, Coroado Manaus, AM. Autor correspondencia lucireneaguiar@yahoo.com.br

1. Introdução

A Amazônia apresenta uma diversidade de peixes superior a qualquer outro sistema de água doce (BARTHEM & FABRÉ, 2004). 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).

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. Porém, além da demanda, outros fatores influenciam a abundância dos recursos pesqueiros, como as mudanças climáticas. Para MARENGO *et al.* (2010), as consequências da mudança climática em regimes hidrológicos é particularmente preocupante na Amazônia. Allison *et al.* (2009), em suas análises apontam que, a pesca seja a atividade mais susceptível às mudanças do clima, pois afetaram as populações de peixes e pescarias, prejudicando principalmente as populações mais pobres, dependentes da pesca e sem capacidade de adaptação.

A dependência dessa região em relação aos estoques pesqueiros, as oscilações do ciclo hidrológico, cada vez mais atingindo níveis extremos e o crescimento demográfico elevado da cidade de Manaus, fez com que fosse executado este trabalho, no qual se propõe a usar estratégias de modelagem para avaliar os efeitos do crescimento demográfico da cidade de Manaus, sobre a capacidade de suporte da produção pesqueira que a abastece e os efeitos de possíveis mudanças no padrão do ciclo hidrológico sobre os desembarques, tendo como base dados secundários.

2. Material e Método

2.1. 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 (IBGE, 2013).



Figura 1 - Área de Estudo: cidade de Manaus- Am. Coordenadas geográficas: 3°6' 0" S; 60°01'0" W.

2.2. Coleta de dados

O trabalho foi todo baseado em dados secundários. As informações sobre demografia, crescimento populacional e produção pesqueira foram obtidas nos Anuários da SEPLAN-AM. Para a capacidade de suporte dos ambientes pesqueiros da Amazônia foi utilizado os valores obtidos por Bayley e Petrere Jr. (1989).

2.3. Modelo

O processo de modelagem foi realizado no Software Stella 4.0, resultando no modelo abaixo (Figura 2). Após a construção do modelo, os dados coletados foram utilizados para alimentá-lo e assim possibilitar as simulações dos cenários (SOUZA & FREITAS, 2009).

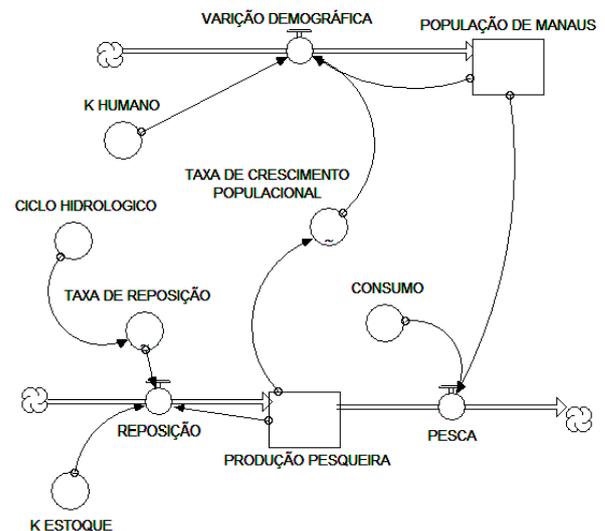


Figura 2 - Modelo construído no programa Stella.

2.4. Parâmetros do modelo suas funções e/ou valores atribuídos:

População - Calculada a partir do número de habitantes obtidos pelo SEPLAN (2013), sendo o valor inicial 2.106.861 indivíduos. A função inserida para representá-la foi:

$$População(T) = População(T - Dt) + (Variação Demográfica) * Dt$$

Variação Demográfica - Fluxo de entrada que representa a entrada de pessoas para a população de Manaus. Esse conversor recebe influência da capacidade de suporte humano e da taxa de crescimento populacional. Foi representada pela função utilizada por Verhulst (1838) para crescimento populacional, abaixo descrita:

$$Variação Demográfica = Crescimento Populacional * População * (1 - (População / K Humano))$$

K Humano - Agente conversor que representa a capacidade de suporte humano. Devido à inexistência de valores que representassem essa variável, foram simulados dois valores para representá-lo. O primeiro valor inserido foi 2.809.670 indivíduos, calculado através do número de habitantes de Manaus multiplicado por dois. O segundo foi o dobro do valor inicial identificado para população (SEPLAN, 2013).

Taxa de Crescimento Populacional - Calculado mensalmente a partir das taxas de crescimento da cidade de Manaus obtidos através de dados da SEPLAN, foi considerado no modelo dependente da produção pesqueira e foi representada pela função gráfica observada na Figura 3.

Produção Pesqueira - valor inicial estabelecido através dos dados da Colônia de Pescadores "Z - 12" de Manaus, disponibilizados no Anuário da SEPLAN (2013), para produção pesqueira extrativa de Manaus no ano de 2013, correspondente a 70.000 t. Representada no Stella pela função:

$$Produção Pesqueira(T) = Produção Pesqueira(T - Dt) + (Reposição - Pesca) * Dt$$

Reposição - é um fluxo de entrada dependentes da capacidade de suporte do estoque pesqueiro. Este fluxo foi calculado pela seguinte

fórmula, que tem como base a função utilizada por Verhulst (1838):

$$Reposição = Taxa De Reposição * Produção Pesqueira * (1 - (Produção Pesqueira / K Estoque))$$

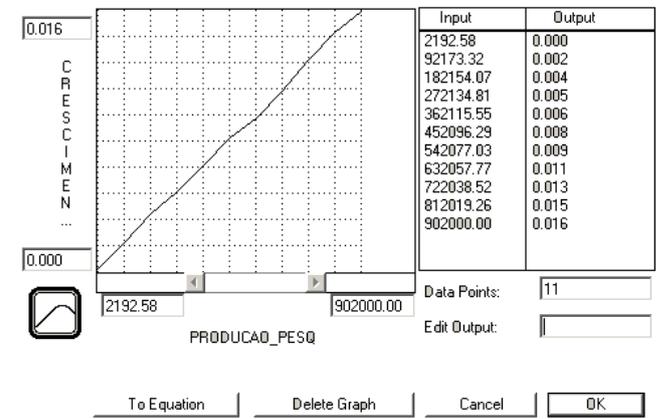


Figura 3-Variável da Taxa de Crescimento Populacional usada no modelo (função gráfica).

Taxa de Reposição - conversor que representa a reprodução dos estoques pesqueiros, que foi inserido no modelo como sendo somente no pico do ciclo hidrológico. Esta variável foi representada por uma função gráfica, onde somente dependente do ciclo hidrológico (Figura 4), uma vez que de acordo com Santos & Santos (2005) a maioria das espécies forma cardumes e empreende migrações para desovar na enchente e na cheia os peixes desovados e os jovens recrutados, se alimentam intensamente, aproveitando alimentos proporcionados pela floresta inundada. Desta forma, foi escolhida a cheia para simular a reposição dos estoques de peixes, por ser a fase de recrutamento biológico. 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 função gráfica foi utilizada conforme o representado na Figura 4.

Pesca - é o fluxo de saída de peixes da produção pesqueira, sendo dependente 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.

$$Pesca = População * Consumo$$

Consumo - Esse conversor representou o consumo *per capita* mensal da população de Manaus. Agente conversor foi estabelecido como

0,0028 toneladas, este valor foi baseado na estimativa de Gandra (2010) para o consumo anual na cidade de Manaus dividido pelos 12 meses do ano para atender a unidade de tempo do modelo.

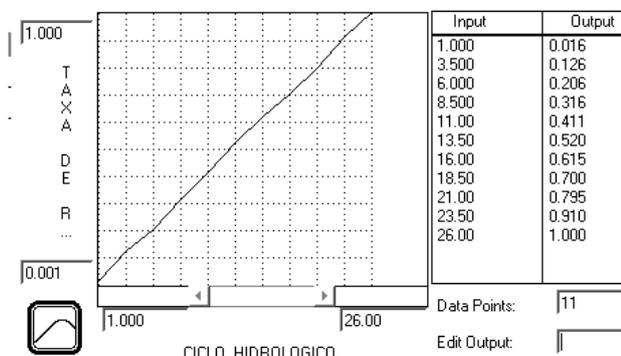


Figura 4 - Taxa de reposição usada no modelo (função gráfica)

K Estoque - A capacidade suporte dos estoques presa foi considerada como igual aos valores 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 da Amazônia Central, uma vez que os desembarques de toda a bacia não convergem em sua totalidade para Manaus. A unidade dessa variável é a biomassa em toneladas. Desta forma, foi utilizado como capacidade de suporte da bacia 902.000 toneladas/ano, corrigida para valores mensais.

Ciclo Hidrológico - Para gerar o primeiro gráfico do ciclo hidrológico, o qual apresentou ondas que oscilam sempre com a mesma amplitude (25 metros), foi inserida a seguinte função:

$$\text{Ciclo Hidrológico} = -\text{Sinwave}(12.5, 12) + 12.5 + 1$$

Esta função promoveu a formação de ondas, que no modelo simulou o pulso de inundação na região, conforme descrito por JUNK *et al.* (1989). O ciclo hidrológico teve amplitude de 1 a 25, tendo um pico na cheia e um de seca (figura 5).

Para gerar o gráfico do ciclo hidrológico na segunda simulação onde as ondas oscilam de forma aleatória, foi adicionada à fórmula da equação anterior à função Randon (+5, -5), fazendo assim com que as ondas do sistema tenham seus valores acrescidos ou reduzidos de

valores que vão de -5 até +5 ao longo do período analisado, conforme equação a seguir:

$$\text{Ciclo Hidrológico} = -\text{Sinwave}(12.5, 12) + 12.5 + 1 + \text{Random}(0, 5).$$

Dessa forma pretendeu-se representar tanto as oscilações referentes à repiquetes, quanto às secas e cheias extremas na região, como observado na Figura 6.

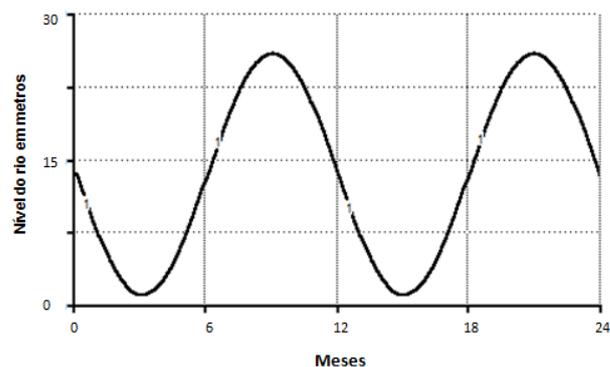


Figura 5- Ciclo Hidrológico criado no modelo gerando ondas de amplitude constante.

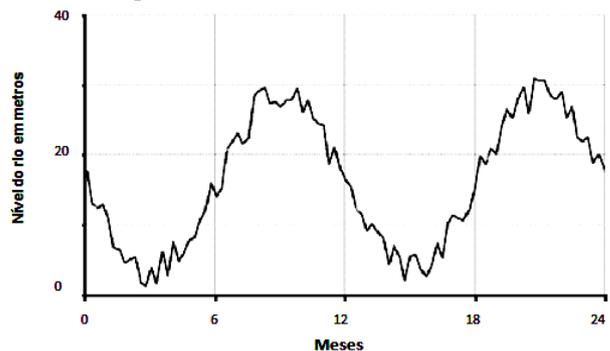


Figura 6 - Ciclo Hidrológico de amplitude aleatória, representando cheias e secas extremas.

Rodagem do modelo

O modelo teve como unidade de tempo os meses, e foi rodado por 1500 meses de forma para possibilitar a visualização das oscilações do ciclo hidrológico e do momento de alcance da capacidade de suporte do sistema. Foi utilizando sistema de derivação Runge-Kutta que é apropriado para ecossistemas submetidos a oscilações periódicas (RUTH & HANNON, 1997).

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 da cidade de Manaus, oscilações do ciclo hidrológico e sustentabilidade dos estoques pesqueiros da região.

Cenários para Manaus testando o sistema fluvial com dois tipos de oscilação: periódica e a aleatória:

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 28.096.700 habitantes, valor utilizado para variável K Humano.

3. Resultados e Discussão

Para os dois cenários testados foram observados os seguintes resultados:

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. A relação de interdependência entre produção pesqueira e população fez com que a primeira atingisse seu k rapidamente, se estabilizando em seguida, porém parcialmente, pois daí em diante, o desembarque passa a oscilar com amplitudes fixas, refletindo principalmente os efeitos do ciclo hidrológico. Apesar disso, a população humana só atinge a sua capacidade de suporte após 452 meses. Demonstrando que a produção pesqueira não consegue acompanhar o aumento da população da cidade (Figura 7).

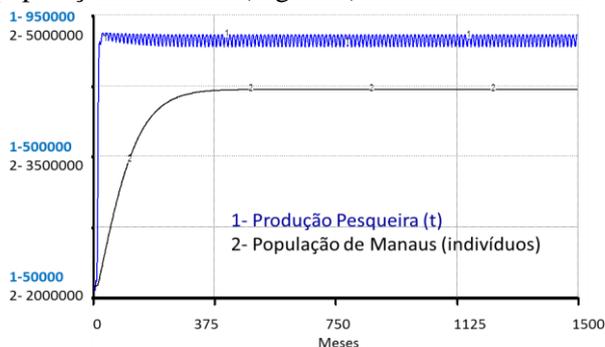


Figura 7 - Comportamento do da Produção Pesqueira em relação à população (Ciclo Hidrológico em ondas) para o Cenário I.

Quando se introduz a componente de aleatoriedade e utiliza-se o mesmo nível de capacidade de suporte humana, pouco se percebe em alterações no padrão dos desembarques ou do crescimento demográfico da cidade. Neste caso, a população de Manaus atinge o K em 444 meses (Figura 8).

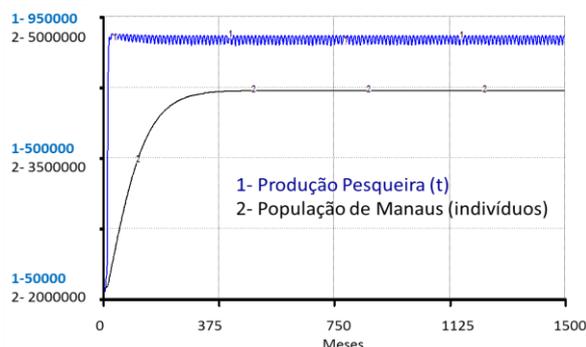


Figura 8 - Comportamento do da Produção Pesqueira em relação à população (Ciclo Hidrológico aleatório) para o Cenário I.

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 e o nível de k demográfico manteve-se em valores mais elevados que nas simulações anteriores. Os níveis populacionais da cidade atingem seu k aos 441 meses de simulação, bem depois de ser atingido o K da produção pesqueira. Esta por sua vez, ultrapassa a capacidade de suporte do ambiente rapidamente, 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 hidrológico. As variações na produção são maiores que as observadas no Cenário 1, após atingir o K, porém sua amplitude se torna constante, passando a produção pesqueira a ser parcialmente previsível (figura 9). A influência do ciclo hidrológico tornou-se maior em relação às simulações anteriores.

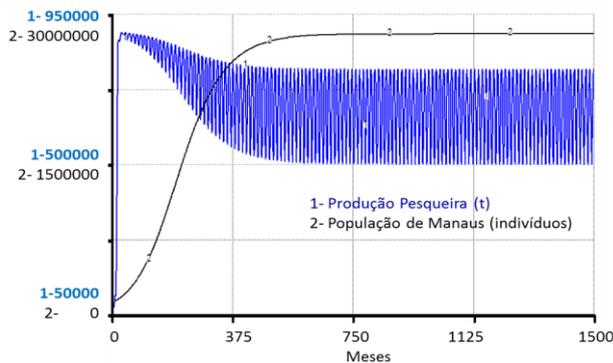


Figura 9 - Comportamento do da Produção Pesqueira em relação à população (Ciclo Hidrológico em ondas) para o Cenário II.

O sistema de ciclo hidrológico aleatório apresentou resultado semelhante ao observado na figura 9, porém a imprevisibilidade dos níveis do rio refletiu-se em uma produção também imprevisível, pois a amplitude da variação da produção também se torna relativamente instável. A imprevisibilidade é mais evidente no que se refere a períodos de baixa safra de pescada. O padrão demográfico foi também semelhante à figura anterior, porém a estabilidade do crescimento da população foi observada a partir de 571 meses (Figura 10).

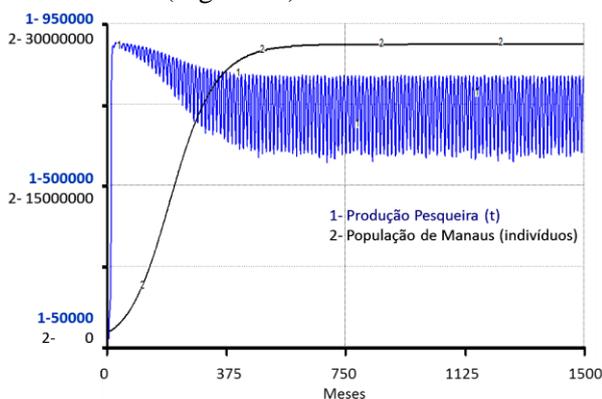


Figura 10 - Comportamento do da Produção Pesqueira em relação à população (Ciclo Hidrológico aleatório) para o Cenário II.

A oscilação em ondas, simuladas na Figura 5, é uma simplificação do que ocorre na realidade com essa variável, tendo em vista que o comportamento da amplitude ciclo hidrológico não é constante ao longo dos anos (IPCC, 2014). 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 6), tornando os resultados mais

realistas. Modelos nunca imitam sistemas inteiros, mas apenas fazem aproximação do comportamento de certo aspectos dos mesmos, facilitando a interpretação de resultados a baixos custos, equilibrando assim com a perda de realismo das partes omitidas do sistema (FEARNSIDE, 1986).

As funções utilizadas para representar o ciclo hidrológico possibilitaram uma simulação mais realista do que o obtido por Souza & Freitas (2010), uma vez que o ciclo hidrológico simulado por esses autores foi construído empregando como unidade de tempo o semestre, resultando respectivamente em uma simulação da oscilação do nível rio em zigue-zague e com oscilações de amplitudes fixas.

Os efeitos da variação sazonal do nível fluvial mostram-se 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 dos estoques pesqueiros, indicando sinais de sobrepesca (CUSHING, 1981) e já foi observado para recursos pesqueiros da Amazonas em resultados de modelagem por Souza & Freitas (2010). Devido ao não retorno dos estoques ao nível de produtividade anteriores depois de atingir o k do ambiente (ODUM, 1988), é necessário descobrir os limites do sistema antes que esse seja ultrapassado, para ser então evitado (SEIDL & TISDELL, 1999; HOLLING *et al.*, 1997, ANDRADE & ROMEIRO, 2009).

A sobrepesca de alguns estoques pesqueiros da região, tanto pela redução da quantidade como do tamanho de algumas espécies, já é um fato bastante conhecido na região, como é o caso do pirarucu (BAYLEY & PETRERE Jr., 1989; ISAAC *et al.*, 1998) e do tambaqui (PETRERE Jr., 1983; ISAAC & RUFFINO, 2000). Crampton (1999) chama a atenção para o fato de que um grande número de espécies raras ou mesmo endêmicas pode estar sendo explorado pela pesca em níveis acima da capacidade de suporte e, portanto, com sérias ameaças aos estoques naturais.

A partir dos resultados pode se entender que, quando se inseriu o fator aleatório no modelo, aumentando ou reduzindo o nível do rio, se causa duas situações extremas observada nos sistemas fluviais da região: uma na qual o período da cheia é mais pronunciado, onde se tem um ambiente mais propício aos peixes, pela disponibilidade de

mais alimento e abrigo, e conseqüentemente maior viabilidade para reposição dos estoques; e outra na qual se dá a seca intensa, quando há maior chance de um indivíduo ser predado, menor quantidade de oxigênio, pouco abrigo e alimento para os peixes não predadores (SANTOS & SANTOS, 2005; MERONA & GASCUEL, 1993). Tal procedimento de simulação adotado origina respostas de caráter antagônico que, provavelmente devem, em parte, cancelar seus efeitos em cada uma dessas fases do ciclo hidrológico, se estes mantiverem suas amplitudes e frequência de ocorrência equilibrada (SOUZA & FREITAS, 2001). Os altos níveis de inundação parecem ter um efeito positivo sobre a produção pesqueira, assim como as secas extremas, provavelmente, causam um efeito negativo sobre os estoques. Os resultados de ambas poderão ser vistos nos anos subsequentes conforme a dinâmica de cada estoque (SOUZA & FREITAS, 2001).

As oscilações extremas testadas se assemelham as variações registradas no nível dos principais rios da Amazônia durante as secas extremas de 2005 e 2010, e os níveis recordes de cheia observados em 2009 e 2012 (IPCC, 2014). Simulações desenvolvidas por Souza & Barão (2015) sobre efeito de alterações no ciclo hidrológico, em razão de mudanças climáticas, sobre as atividades de comunidades ribeirinhas da várzea amazônica apontam que, a pesca será a atividade menos afetada por alterações extremas no nível do rio, porém prevê também um aumento no esforço pesqueiro.

A influência mútua entre crescimento demográfico e produção pesqueira, afetou os estoques fazendo com que atingissem seu K rapidamente. O estabelecimento do valor da capacidade de suporte demográfica serviu para limitar o valor máximo de pessoas no ambiente, possibilitou a visualização do padrão de inter-relação entre as variáveis. Na falta de uma variável que representasse mais fielmente o K da cidade de Manaus o mesmo foi escolhido arbitrariamente, pois é difícil saber quando ela atingirá o seu K e qual é o seu verdadeiro valor sem conhecer e modelar todos os fatores que o limitam. De acordo com Whipple *et al.* (2000), esses dados são difíceis de determinar com dados experimentais ou observacionais.

Manaus vem enfrentando um grande crescimento demográfico nas duas últimas décadas, sendo considerada hoje 12° maior centro urbano do país, e uma metrópole regional

(NOGUEIRA *et al.*, 2007). 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 (GANDRA, 2010), constituindo-se em fonte de alimento, comércio, renda e lazer para grande parte de sua população, especialmente aos que residem nas margens dos rios (FREITAS & RIVAS, 2006).

Os dados de potencial pesqueiro da bacia utilizados para avaliar a capacidade de suporte de Manaus, acabam por superestimar os estoques disponíveis para abastecer essa cidade, uma vez que há desembarque em outros municípios e que se os pescadores se afastassem tanto do porto do desembarque isso inviabilizaria economicamente as pescarias. Apesar disso, por meio do modelo percebe-se que mesmo assim, logo a produção pesqueira se tornará limitada para sustentar a população, caso ela venha a crescer nos níveis testados. Nele, a população está limitada apenas pela existência do estoque pesqueiro, porém na realidade outras fontes de alimento são consumidas (GANDRA, 2010) e necessárias para viabilizar a presença humana. Além disso, o K humano está também associado com outros fatores não ligados à fonte de alimento, como moradia, emprego e etc. Partindo desse pressuposto o valor do K demográfico pode ser ainda maior. Em contrapartida, a existência de outras fontes de alimento para os habitantes de Manaus diminui a demanda pelo pescado obtido de forma extrativa e, conseqüentemente, a pressão sobre os estoques pesqueiros (GANDRA, 2010).

É importante verificar que ambas: produção e pesqueira população humana, não se extinguíram em nenhuma das simulações, fato também observado para outros sistemas modelados na Amazônia Central (SOUZA, 2010, SOUZA & BARÃO, 2015), porém para que haja desenvolvimento sustentável, deve-se manter os níveis de exploração aquém da capacidade de suporte, a níveis de retorno adequado (GRAYMORE *et al.*, 2010). Isso porque, apesar do Cenário I o K da produção pesqueira não seja ultrapassado, um grupo de organismos não consegue manter-se no nível máximo K do ambiente no mundo real por muito tempo, pois é provável que os limites sejam ultrapassados, quer pelo excessivo número de habitantes ou pela redução na disponibilidade de recursos de acordo (CAREY, 1993).



O número de espécies desembarcadas para o consumo em Manaus é relativamente baixo quando comparado com o grande potencial existente, já que, somente dez das principais espécies representam mais de 80% da produção dos mercados pesqueiros regionais (SANTOS & SANTOS, 2005). Há uma tendência de substituição progressiva à medida que as espécies principais vão se tornando menos abundantes e mais caras (SANTOS *et al.*, 2014). Deve ser salientado que o estado particular de cada estoque envolvido na pesca, não pode ser avaliado a partir de dados de produção total, pois se trata de uma pesca multiespecífica, pois pode haver estoques subexplorados e sobreexplorados (SOUZA & FREITAS, 2001). Neste trabalho, pela falta de dados dos principais estoques comercializados, tivemos que simplificar nossa simulação, e considerar que a dinâmica dos estoques é a mesma, para que fosse possível estudar o seu padrão de comportamento frente às variáveis testadas. De acordo com Béné *et al.* (2001), as introduções de vários graus de simplificações são frequentemente necessárias na modelagem ecológica, para reduzir a complexidade das análises.

É praticamente impossível determinar com precisão o potencial pesqueiro da bacia Amazônica, entretanto, as estimativas efetuadas por Bayley e Petrere Jr. (1989) e Merona (1993), são fundamentais em simulações dessa natureza. Esforços adicionais para aumentar a precisão dessas estimativas seriam fundamentais para viabilizar o uso sustentável dos estoques. 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 descrita por Gandra (2010).

Conclusão

-Apesar da população de Manaus depender de outras fontes de proteína, alterações na produção de pescado afetaram o número de pessoas na região e vice-versa.

-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.

-Independente da simulação efetuada a produção pesqueira atinge o k muito rápido, o que indica que medidas de manejo devem ser implementadas o quanto antes para evitar a sobrepesca dos estoques alvo.

-Mesmo considerando que a capacidade produtiva da pesca está sobre-estimada, observa-se quanto maior o número de pessoas em Manaus dependente do recurso pesqueiro de fonte extrativista, mais rápido ele chegará ao K de suporte. Dessa forma a contribuição da piscicultura será fundamental para ajudar a reduzir a pressão sobre os estoques naturais.

O modelo criado serviu para compreender o padrão de comportamento e de inter-relação entre produção pesqueira e demografia.

Agradecimentos: UFAM, CNPq.

Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. O(s) autor (es) e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

Referências

ALLISON, E.H.; ADGER, W.N.; BADJECK, M-C.; BROWN, K.; CONWAY, D.; DULVY, N.K.; HALLS, A.; PERRY, A.; REYNOLDS, J.D. **Effects of climate change on the sustainability of capture and enhancement fisheries important to the poor: analysis of the vulnerability and adaptability of fisherfolk living in poverty**. Project No. R4778J. Final Technical Report. Fisheries Management Science Programme. MRAG/DFID, London. 2005. 164 p.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma "Economia dos Ecossistemas". **XXXVII Encontro Nacional de Economia. Foz do Iguaçu: ANPEC**, 2009. 16p.

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

BARTHEM, R. B.; FABRÉ, N. N. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia. **RUFFINO, M.L. A pesca e os**



recursos pesqueiros na Amazônia brasileira. ProVárzea, 2004, 17-62 p.

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.

BAYLEY, P. B. Aquatic Productivity in Central Amazon "Várzea" in the context of the fishery yield. **Simpósio do Trópico Húmido**. 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 and Aquatic Science, 1989. 106: 385-398p.

BÉNÉ, C.; DOYEN, L.; GABAY, D. A viability analysis for a bio-economic model. **Ecological Economics**. 2001. 36: 385-396.

CAREY, D.I. Development based on carrying capacity: A strategy for environmental protection. Viewpoint. **Global Environmental Change**. 1993. 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 Amazônica**, 1997. V. 27, n.3, p.213-228.

CRAMPTON, W. G. R. Plano de manejo preliminar para o uso sustentável de peixes ornamentais na Reserva Mamirauá. *In*: 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. **Fisheries Biology: A study in population dynamics.** University of Wisconsin Press Science, 1981. 295p.

FEARNSIDE, P.M. Modelagem estocástica na estimativa da capacidade de suporte humano: um instrumento para o planejamento de desenvolvimento na Amazônia. **Ciência e Cultura**, 1986, 38(8): 1354-1365p.

FREITAS, C. E. C.; RIVAS, A. A. F. A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia Ocidental. **Ciência e cultura**, v. 58, n. 3, p. 30-32, 2006.

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

GANDRA, A. L. **O mercado do pescado da região metropolitana de Manaus.** Série: O mercado de pescado nas grandes cidades Latino-Americanas. CFC/FAO/INPOPESCA, 2010, 91p.

GRAYMORE, M.L.M; SIPE, N.G.; RICKSON, R.E. Sustaining human carrying capacity: a tool for regional sustainability assessment. **Ecological Economics**, 2010, v. 69, n. 3, 459-468 p.

HOLLING, C. S.; SCHINDLER, D.W.; WALKER, B.W.; ROUGHGARDEN, J. Biodiversity in the functioning of ecosystems: an ecological synthesis. *In*: PERRINGS, C.; MALER, K.G.; FOLKER, C.; HOLLING, C.S.; JANSSON, B.O. (eds.). **Biodiversity Loss.** Cambridge University Press, Cambridge, UK. 1997.44pg.

IBGE. ESTATCART. **Sistema de Recuperação de Informações Georreferenciadas. Versão 1.0.** Centro de Documentação e Disseminação de Informações – CDDI. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. Em CD-ROM. 2013.

IPCC. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.** Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. FIELD, C.B.; BARROS, V.R.; DOKKEN, D.J.; MACH, K.J.; MASTRANDREA, M.D.; BILIR, T.E.; CHATTERJEE, M.; EBI, K.L.; ESTRADA, Y.O.; GENOVA, R.C.; GIRMA, B.; KISSEL, E.S.; LEVY, A.N.; MACCRACKEN, S.; MASTRANDREA, P.R.; WHITE, L.L (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014, 1132 pp.

ISAAC, V. J.; RUFFINO, M. L.; MCGRATH, D. In Search of a New Approach to Fisheries Management in the Middle Amazon Region. **Alaska Sea Grant College Program** . AK-SG-98-01, 1998. 889-902p.

ISAAC, V.J.; RUFFINO, M.L. Biologia pesqueira do tambaqui, *Colossoma macropomum*, no Baixo Amazonas. 65-88p. *In*: **Recursos pesqueiros do Médio Amazonas: Biologia e estatística pesqueira.** Coleção meio ambiente. Série Estudos Pesca. 22. Brasília: Edições IBAMA. 2000. 350p.

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.

MARENGO, J.A.; TOMASELLA, J.; NOBRE, C.A. Mudanças climáticas e recursos hídricos. Capítulo 12, 201-215, *In*: BICUDO, C.E.M., TUNDISI, J.G. & SCHEUENSTUHL, M.C.B. (eds.) **Aguas do Brasil: Análises Estratégicas**. Instituto de Botânica, São Paulo. 2010. 222 pp.

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

MERONA, B. Pesca e ecologia dos recursos aquáticos na Amazônia. *In*: 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.

NOGUEIRA F.C A; SANSON F.; PESSOA. K. A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais. *In*: **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil. 21-26 abril 2007, INPE, p. 5427-5434.

ODUM, H. T.; ODUM, E.C.; BROWN, M.T.; LAHART, D.; BERSOK, C.; SENDZIMIR, J.; GRAEME, B. S., SCIENCEMAN, D.; MEITH, N. **Environmental Systems and Public Policy**. Ecological Economic Program. University of Florida. Gainesville.USA. 1988.253pg.

PETRERE JR., M. 1983. Yield per recruit of tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, in the Amazonas State, Brazil. **Journal of Fish Biology**, v.22, p. 133-144.

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

SANTOS, G. M. E SANTOS, A. C. M. Sustentabilidade da pesca na Amazônia. **Estudos Avançados**, 2005. 19 (54), 165-182.

SANTOS, G. M.; FERREIRA, E.J.G.; VAL, A. L. Recursos pesqueiros e sustentabilidade na

Amazônica: Fatos e perspectivas. **Hiléia**, v. 5, n. 8, 2014.

SEIDL, I.; TISDELL, C. A. Carrying capacity reconsidered: from Malthus' population theory to cultural carrying capacity. Analysis. **Ecological Economics**. 1999. 31. 395-408p.

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

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

SOUZA, L. A. ; BARÃO, F. S. Um modelo para simular oscilações atípicas do nível do rio e suas consequências para quantidade de área produtiva disponível em uma comunidade pesqueira. **Anais do XIX CONBEP**. XIX Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca. 2015. 1016-1020p.

SOUZA, L. A. DE; FREITAS, C.E.C. Uma proposta de protocolo para a obtenção de variáveis visando estudos de modelagem ecológica em sistemas pesqueiros fluviais da Amazônia. **Acta Amazonica**, 2009, v. 39, n. 1, 237–240p.

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

SOUZA, L. A.; FREITAS, C.E.C. Fishing sustainability via inclusion of man in predator-prey models: a case study in Lago Preto, Manacapuru, Amazonas. **Ecological Modelling**, Amsterdam, 2010, n. 221, p. 703-71.

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

WHIPPLE, S. J.; LINK, J.S.; GARISSOM, L.P.; FOGARTY, M. J. Models of predation and fishing mortality in aquatic ecosystems. **Fish and Fisheries**. 2000. 1: 22-40.