

Implicações da biologia e ecologia do pirarucu para o manejo

Caroline Arantes^{1,2} e Leandro Castello^{3,4}

¹Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia Santarém, PA, Brasil

²Texas A&M University, College Station, TX, Estados Unidos

³Department of Fish and Wildlife Conservation, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, Estados Unidos.

⁴Woods Hole Research Center, Falmouth, MA, Estados Unidos

Apresentação

Esse capítulo discute como aspectos importantes da biologia e ecologia do pirarucu devem ser incorporados no seu manejo. Primeiro, descrevemos os resultados de pesquisas sobre cinco aspectos-chave da ecologia e biologia do pirarucu, sendo esses: migração, reprodução e crescimento, abundâncias, distribuição. Em seguida, discutimos como esses aspectos afetam, e devem ser incorporados ao o manejo. O manejo ao qual nos referimos aqui é aquele que foi desenvolvido na Reserva Mamirauá e que tem sido amplamente difundido para na Amazônia. Nesse modelo, todos os anos os pescadores contam o número de pirarucus na sua área de manejo, e usam as contagens para determinar cotas de pesca (Figura 1). A determinação das cotas é feita em colaboração entre os pescadores, técnicos e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Os pescadores recebem autorizações para a pesca do pirarucu sob a condição de cumprir as regras de limite de cota de pirarucu, de tamanho mínimo de captura, e do período de “defeso” reprodutivo do recurso (Figura 1).



Figura 1. Modelo de manejo do pirarucu. As principais fases do manejo são: i) levantamento de estoques através das contagens, ii) estabelecimento de cotas de pesca, e iii) cumprimento das regras de tamanho mínimo e defeso reprodutivo.

Aspectos da ecologia e biologia do pirarucu

Migração

O pirarucu migra entre os ambientes da várzea seguindo as flutuações do nível da água ao longo do ano, deslocamento conhecido como *migração lateral* (Fernandez 1997, Junk et. al., 1989, Castello 2008a). O pirarucu migra pelos vários ambientes que compõe a várzea, sendo esses os terrestres e os aquáticos (Castello 2008a; Capítulo X). Durante a seca o pirarucu habita principalmente os lagos, mas também os ambientes de parana e canais do rio (Castello 2008b). Mesmo durante a seca, o nível da água segue variando e o pirarucu pode seguir

migrando entre os ambientes, incluindo diferentes lagos dependendo da altura que a água alcançar. No início da enchente os ambientes aquáticos começam a se conectar e o pirarucu continua a habitar os lagos e paranas, mas também já pode migrar para os ambientes de canais dos lagos e ressacas. O nível da água continua subindo e o pirarucu migra para as florestas alagadas (nos ambientes de restinga baixa, alta e chavascal) durante a cheia, onde se alimenta nesses ambientes ricos em alimentos. Na vazante o pirarucu é obrigado a migrar para fora das florestas alagadas que se tornam secas. O pirarucu migra primeiro para os ambientes de canais dos paranas e canais dos lagos e ressacas e depois para os lagos. Muitos indivíduos podem migrar para os lagos, mas outros podem também permanecer nos paranas, ressacas e canos dos lagos. O nível da água começa a subir e o ciclo recomeça.

Crescimento e Reprodução

Os pirarucus formam casais durante a seca nos lagos (Fontanele 1948, Queiroz e Sardinha 1999, Queiroz 2000, Castello 2008b). No início da enchente, quando a água está com aproximadamente 1 metro de profundidade, os casais de pirarucus constroem seus ninhos nas margens das restingas que circundam os lago, paranas e ressacas. Esses ninhos são buracos escavados no solo com diâmetro médio de 57 cm e 16 cm de profundidade (Castello 2008b). A fêmea deposita os ovos no ninho e o macho os fecunda (Queiroz 2000). Geralmente o macho cuida da prole por cerca três meses nas florestas alagadas. Se o casal de pirarucus for morto pela pesca, há grande chance de que toda sua prole também não sobreviva. Isso faz com que as populações sejam vulneráveis a pesca predatória.

Ao final do primeiro ano de vida o pirarucu atinge mais de 80 cm de comprimento e ao quinto ano de vida mede mais de 188 cm (Arantes et. al., 2010) (Tabela 2). O pirarucu na Reserva Mamirauá se reproduz a partir de 157 cm de comprimento, alcançado aos três anos de idade quando o tamanho mínimo de captura é respeitado (Figura 2). Entretanto, quando o tamanho mínimo de captura não é respeitado e os pirarucus pescados são predominantemente juvenis, o pirarucu se reproduz mais tarde, aos cinco anos de idade. Isso acontece porque a pesca ilegal de juvenis retira da população natural indivíduos que crescem mais rápido deixando na população indivíduos com crescimento lento e reprodução tardia. Isso implica que onde há pesca ilegal de juvenis sexualmente imaturos, ocorre um atraso na maturação sexual que tende a diminuir as taxas de crescimento da população. Isso prejudica ainda mais a recuperação de populações sobreexploradas (Arantes et. al., 2010).

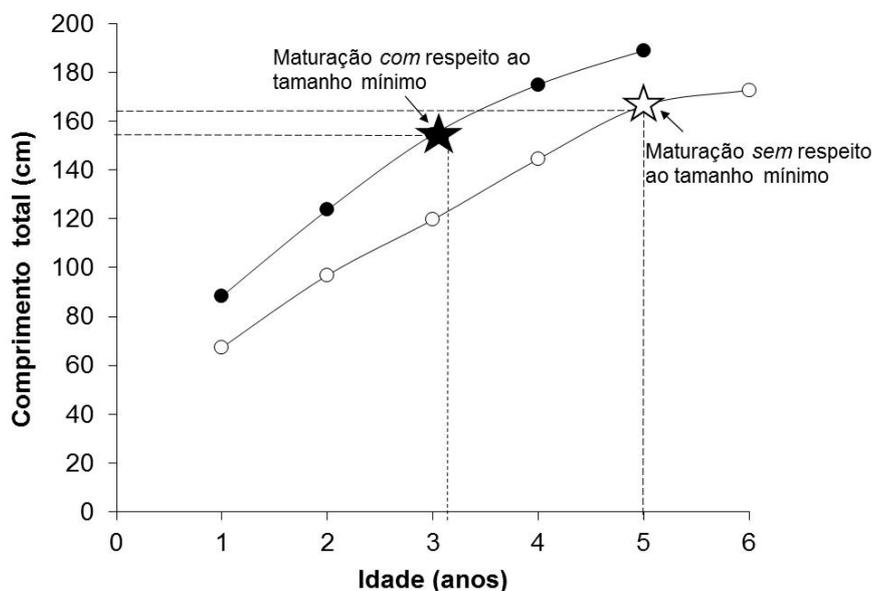


Figura 2. Medianas dos comprimentos totais por classe de idade do pirarucu e L_{50} que representa o comprimento no qual 50% da população esta sexualmente madura. As curvas representam situações *com* (círculos fechados) e *sem* (círculos abertos) respeito ao tamanho mínimo de captura. Figura modificada de Arantes et. al., 2010.

Tabela 2 - Chave de idades por comprimento do pirarucu na Reserva Mamirauá para situações *com* e *sem* respeito ao tamanho mínimo de captura. Medianas dos comprimentos retrocalculados [L_n (cm)]; amplitudes interquartis [(A_{iq} (cm))]; tamanho da amostra (n). Tabela modificada de Arantes et. al., 2010.

Número de anéis	Idade (Ano)	Com respeito ao tamanho mínimo			Sem respeito ao tamanho mínimo		
		L_n (cm)	A_{iq}	n	L_n (cm)	A_{iq}	n
2	1	67.3	18.6	269	88.3	24.6	269
4	2	96.9	22.4	247	123.6	26.0	238
6	3	119.6	27.5	172	154.4	24.0	227
8	4	144.4	31.4	61	174.9	19.1	113
10	5	166.3	29.9	16	188.9	13.5	15
12	6	172.7		1			

Abundância e distribuição

O pirarucu é um peixe especial porque os pescadores podem contar pirarucu no momento em que o peixe vem a superfície para respirar. Comparações das contagens de pirarucu feitas por 15 pescadores com estimativas de abundância obtidas através da marcação e recaptura (Castello 2004) mostraram que os pescadores em grupos podem contar o pirarucu com erros que variam em apenas 10% em torno do valor real. As contagens dos pescadores foram quase idênticas (altamente correlacionadas, $r = 0.98$) as estimativas de abundância. Por exemplo,

em um primeiro lago os pescadores contaram 9 indivíduos onde havia 7 pirarucus, em um segundo lago os pescadores contaram 59 pirarucus onde havia 63 e assim por diante.

Entretanto, quando as contagens dos pescadores são avaliadas individualmente, as diferenças entre contagens e valor real de abundância são maiores, de em média 30% (Arantes et. al., 2007). A qualidade (acurácia) das contagens de pirarucu feitas pelos pescadores individualmente foi avaliadas através da comparação das contagens de 34 pescadores feitas em lagos pequenos e fechados da Reserva Mamirauá com as capturas de todos os pirarucus usando redes de arrasto nos mesmos lagos contados (Arantes et. al., 2007; metodologia conhecida por *certificação de contadores*). As contagens feitas pelo pescador individualmente são menos acuradas que quando feitas por grupos de pescadores, porque em grupos de pescadores as tendências individuais dos pescadores de sub ou sobreestimar a quantidade de pirarucu tendem a se anular. Por exemplo, um pescador conta indivíduos de pirarucu a mais, um segundo pescador conta indivíduos a menos, gerando contagens acuradas.

Todos os anos os pescadores fazem contagens durante o período da seca quando os lagos e outros ambientes aquáticos estão isolados. Atenção especial é dada a lagos ou locais dos paranas onde são encontradas as maiores abundâncias de pirarucu. A abundância de pirarucu nos lagos está relacionada à profundidade da coluna da água e área do lago (volume de água disponível), e ao comprimento e profundidade dos canos dos lagos (conectividade) (Arantes et. al., 2011). A abundância do pirarucu é maior em lagos com maior volume de água e com maior conectividade com outros corpos água. A conectividade é importante porque facilita o movimento dos peixes entre ambientes. Canos compridos e rasos secam rápido durante a vazante e demoram mais tempo para receber água durante a enchente, assim os lagos ficam isolados por mais tempo. Canos curtos e profundos mantêm água por mais tempo durante o ciclo da água.

A abundância de pirarucu nos paranas também é influenciada pela profundidade do parana. Quanto maior a profundidade maior a abundância (Arantes et. al., 2011). A disponibilidade de vegetação flutuante (ou macrófitas) durante o período da cheia também influencia a abundância do pirarucu na seca do ano seguinte (Afonso, cap X). A preferência do pirarucu por habitats amplos, profundos e com alta conectividade determina que 75% de todo pirarucu em um sistema de lagos com 80 lagos na Reserva Mamirauá tende a se concentrar em apenas 15% desses lagos (Arantes et. al., 2011).

Como a biologia e ecologia devem ser incorporadas ao manejo das populações do pirarucu?

A biologia e ecologia do pirarucu devem ser considerados nas quatro medidas principais de manejo (Figura 1): contagens, cotas de pesca, tamanho mínimo de captura e período de reprodução (Figura 1).

Contagem

As contagens devem ser feitas por pescadores de pirarucu experientes e capacitados na metodologia validada por Castello (2004). É necessário que os pescadores tenham experiência na pesca do pirarucu feita com arpão porque

pescadores inexperientes podem fazer contagens com erros bastante altos, embora na média esses erros sejam minimizados (Arantes et. al., 2007).

Atualmente o único método de contagem validado é o de Castello (2004). Alterações do método sem validação não asseguram contagens acuradas e pirarucu e, portanto, representam um risco a sustentabilidade do manejo. Isso não significa que não possam existir outros métodos igualmente eficientes para contar pirarucu. Alguns grupos de manejadores identificam limitações no uso das contagens causadas principalmente pelas variações nas características físicas do ambiente que podem alterar o comportamento do pirarucu (por exemplo, características físico-químicas da água, cobertura por diferentes tipos de capim, como aningaís, etc.). Seria interessante conhecer a validade de outros métodos que podem ser desenvolvidos e validados usando os mesmos experimentos descritos em Castello (2004) e Arantes et. al., (2007). Contudo, até que esses métodos sejam validados, aconselhamos o uso do método desenvolvido por Castello (2004), além de precaução para usar a informação quando os grupos identificarem fatores limitantes as contagens.

É importante conhecer e considerar as tendências nas contagens dos pescadores e dos grupos de pescadores de sub ou sobreestimar as contagens, e para isso a certificação de contadores (validação das contagens) é uma importante ferramenta (Arantes et. al., 2007). Nesse sentido, as contagens devem ser feitas preferencialmente em grupos, e não individualmente, porque, como mencionado, quando as contagens são feitas em grupo as tendências dos pescadores de sub ou sobreestimar tendem a se anular.

Também é importante considerar a migração do pirarucu. Por mais precisas que as contagens sejam elas sempre têm um erro associado. Esse erro é inerente da própria contagem feita pelo grupo de pescadores que, em situações ideais varia em torno de 10% do valor real da abundância. Mas também ocorre porque durante a seca o pirarucu continua migrando entre os habitats da várzea. Para minimizar os erros provenientes da migração, as contagens precisam ser feitas durante a seca quando os ambientes estão isolados. Assim, assegura-se que um indivíduo de pirarucu contado em um ambiente não é o mesmo indivíduo contado em outro ambiente.

Além disso, é importante considerar se houve expansão ou redução no tamanho da área contada. A expansão da área contada (e.g. aumentar o número de lagos ou corpos hídricos contados de um ano para o outro) geralmente é acompanhada por aumento no número de indivíduos contados. Parece bastante lógico que a quantidade de pirarucus aumenta quando a área contada também aumenta. Uma maneira de corrigir esse problema é avaliando as tendências populacionais usando as densidades populacionais e não o número de indivíduos contados. A densidade populacional pode ser facilmente obtida dividindo-se o número de indivíduos contados pela área total (em km² ou ha) contada.

Cotas

Uma simulação das principais fases do ciclo de vida do pirarucu (processos de crescimento, reprodução, mortalidades natural e por pesca), mostrou que as taxas de captura de 25% do número de adultos de contados no ano anterior aparentam ser sustentáveis (Castello et. al., 2011). Cotas de pesca maiores do que 25 % até 40 % também aparentam ser sustentáveis, mas por serem altas, requerem muito mais cautela, monitoramento e avaliação de acordo com o descrito mais

abaixo. Além disso, é provável que outras populações de pirarucu de outras regiões possuam parâmetros populacionais diferentes das do pirarucu da região da Reserva Mamirauá, onde a simulação das principais fases do ciclo de vida do pirarucu foi desenvolvida. Por isso, e em geral deve haver precaução e considerar os seguintes fatores:

1) é importante assegurar a qualidade e a veracidade das contagens, já que elas são a base para as cotas de pesca. Metodologias como as apresentadas em Arantes et. al., (2007) e Andrade et. al., (2011) podem ajudar a garantir contagens mais acuradas.

2) a pesca ilegal influencia negativamente a abundância de pirarucu. Ocorrências de pesca de juvenis, ou durante o período do defeso, ou pesca em quantidades maiores do que aquela cota autorizada devem ser registradas e consideradas com cautela quando no momento de avaliar as cotas de pesca a serem solicitadas.

3) as decisões sobre sua área de manejo devem ser tomadas não somente com base nas contagens feitas em um determinado ano, mas também com base na avaliação das tendências populacionais (Figura 3), além dos outros fatores já citados. As tendências podem ser avaliadas observando-se os padrões nas densidades populacionais ao longo dos anos de contagens. O modelo de manejo é *adaptativo*, isso implica que ele está em constante *avaliação*. Ou seja, todos os anos o grupo interessado avalia todo o conjunto de informações disponíveis e somente com base nessa avaliação é que o grupo toma decisões sobre o manejo. O grupo interessado deve avaliar, por exemplo, as tendências populacionais, se houve pesca ilegal, se houve possíveis enganos nas contagens, expansão ou redução nas áreas contadas, além dos aspectos da organização coletiva (Amaral et.al., cap x). Essa avaliação fornecerá a base para a adaptação das cotas de pesca e para a melhoria das etapas do manejo nos anos seguintes (Figura 1).

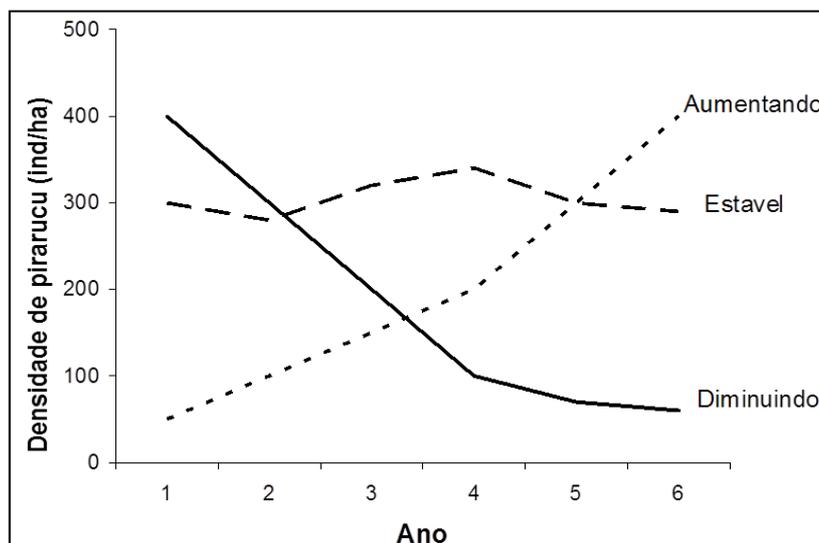


Figura 3. Situação hipotética mostrando relações entre as densidades de pirarucu e três diferentes tendências populacionais ao longo dos anos (aumentando, estável e diminuindo). Populações diminuindo merecem cotas de captura reduzidas ou nula. Populações crescendo merecem cotas de captura maiores que aquelas de anos passados. E, populações estáveis merecem cotas iguais aquelas de anos passados.

Tamanho mínimo e defeso reprodutivo

O cumprimento das regras de tamanho mínimo e defeso reprodutivo é provavelmente a medida mais importante para assegurar a sustentabilidade do manejo do pirarucu. São essas medidas que garantirão reprodução. De fato, quando bem manejados as populações de pirarucu podem aumentar em taxas de até 25% ao ano (Arantes et. al., 2006). Assim, as regras de tamanho mínimo e defeso reprodutivo fornecem as bases para que haja aumentos nas abundâncias e nas cotas de pesca.

Considerações finais

A unidade de manejo do pirarucu deve ser todo o sistema hídrico, ou sistemas de lagos, e não somente o lago de acordo como podemos concluir com base nos estudos de Castello et. al., (2008ab), Hrbek et. al., (2007), Arantes et. al., (2011), Araripe et. al., (2013). Geralmente manejadores falam em manejo de lagos, mas como demonstrado, o pirarucu habita a várzea e não somente os lagos (Castello 2008a; Arantes et. al., 2011). Por isso, as áreas protegidas devem ser idealmente áreas de várzea e não somente um lago. Entretanto, porque a determinação de lagos de preservação é uma das estratégias de conservação mais usadas da Amazônia, é interessante que esses sejam os lagos mais amplos profundos e com alta conectividade com os canais principais. Nota-se que essas características muitas vezes são contrárias as encontradas nos lagos que tem sido determinados como lagos de preservação.

Duas questões são relevantes a esse capítulo. A primeira é que a maior parte das pesquisas gerando informações para serem aplicadas ao manejo são provenientes de uma área que representa menos de 1% da área de distribuição do pirarucu, a Reserva Mamirauá. Por isso, alguns aspectos descritos, como o tamanho de maturação sexual, podem ser diferentes para outras regiões. A segunda é que a taxonomia de *Arapaima* está em fase de revisão. As considerações sobre a biologia e ecologia do pirarucu apresentadas neste capítulo foram feitas ao nível do gênero *Arapaima* porque há pouco conhecimento para as diversas espécies de *Arapaima* (Castello et. al., capítulo XX), e assim, as informações apresentadas não são referentes a nenhuma espécie em particular.

Referencias bibliográficas

AFONSO...capítulo

AMARAL...capítulo

ANDRADE, L., AMARAL E., SILVA N., QUEIROZ H. Re-counts pirarucu: a method for evaluating the quality of the pirarucu counts, **Uakari** v. 7(1), p. 29 – 40, 2011.

ARANTES, C., GARCEZ, D.S., CASTELLO, L. Population densities of pirarucu (*Arapaima gigas*, Teleostei, Osteoglossidae) in lakes in the Sustainable Development Reserves of Mamirauá and Amanã, Amazonas, Brazil, **Uakari** v. 2, p. 37-43, 2006.

ARANTES, C. CASTELLO, L, GARCEZ, D.S. Variation among counts of *Arapaima gigas* (Schinz) (Osteoglossomorpha, Osteoglossidae) done by fishers individually in Mamirauá, Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 2(3), p.263-269. 2006.

ARANTES, C.C., CASTELLO, L., STEWART, D.J., QUEIROZ, H.L., CETRA, M. Population density, growth and reproduction of arapaima in an Amazonian river-floodplain. **Ecology of Freshwater Fish**, 19, P. 455-465. 2010.

- ARANTES, C.C., CASTELLO, L., CETRA, M., SCHILLING, A. Environmental factors affecting the distribution of arapaima in floodplains of the Amazon. **Environmental Biology of Fishes**, 2011.
- ARARIPE, J., REGO, P.S.D., QUEIROZ, H., SAMPAIO, I., SCHNEIDER, H. Dispersal Capacity and Genetic Structure of *Arapaima gigas* on Different Geographic Scales Using Microsatellite Markers. **PLoS ONE** 8(1), e54470. 2013.
- AYRES, J.M. **As Matas de Vázea do Mamirauá**. Tefé (Brasil): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Sociedade Civil Mamirauá. 123 pp. 1995.
- CASTELLO, L. A method to count pirarucu *Arapaima gigas*: fishers, assessment and management. **North American Journal of Fisheries Management**, 24, p. 379-389. 2004.
- Castello, L. Lateral migration of *Arapaima gigas* in floodplains of the Amazon. **Ecology of Freshwater Fish**, 17, p. 38 - 46. 2008a.
- CASTELLO, L. Nests of pirarucu *Arapaima gigas* in floodplains of the Amazon: habitat and relation to spawner abundance. **Journal of Fish Biology**, 72 p. 1-9. 2008b.
- CASTELLO, L., STEWART, D.J. Assessing CITES non-detriment finding procedures for Arapaima in Brazil. *Journal of Applied Ichthyology* 26, p. 49-56. 2010
- CASTELLO, L., STEWART, D.J., ARANTES, C.C. Modeling population dynamics and conservation of arapaima in the Amazon. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, 21, 3, p. 623-640. 2011 a.
- CASTELLO, L., STEWART, D.J., ARANTES, C.C. capitulo
- CRAMPTON, W.G.R. Os peixes da Reserva Mamirauá: diversidade e história natural na planície alagável da Amazônia. In: Queiroz, H.L., Crampton, W. (Ed.) **Estratégias para o manejo de recursos pesqueiros em Mamirauá**. Brasília: Sociedade Civil Mamirauá/ Ministério de Ciência e Tecnologia /Conselho Nacional de Pesquisa. 197p. 1999.
- FERNANDEZ, C.C. Lateral migration of fishes in Amazon floodplains. **Ecology of Freshwater Fish**, 6, p. 36–44. 1997.
- FONTENELE, O. Contribuição para o conhecimento da biologia do pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier) em cativeiro (Actinopterygii, Osteoglossidae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v.8, n. 4, p. 445-459. 1948.
- GODINHO, H.P., SANTOS, J.E., FORMAGIO, P.S., GUIMARAES-CRUZ, R.J. Gonadal morphology and reproductive traits of the Amazonian fish *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). **Acta Zoologica** 86, p. 289–294. 2005.
- HRBEK, T.; CROSSA, M.; FARIAS, I. P. Conservation strategies for *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) and the Amazonian várzea ecosystem. **Braz. J. Biol.** 67, 909–917. 2007.
- JUNK W.J., BAYLEY P.B., SPARKS R.E. The flood pulse concept in river floodplain systems. In: D.P. Dodge (ed.) Proceedings of the international large river symposium. **Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences**, pp. 110-127. 1989.
- LOPES, K.L., QUEIROZ, H.L. Uma revisão das fases de desenvolvimento gonadal de pirarucus *Arapaima gigas* (schinz, 1822) por meio da análise macroscópica como uma proposta para unificação destes conceitos e sua aplicação prática nas reservas Mamirauá e Amanã. *Revista Uakari*, v.5, n.1, p. 39-48. 2009.
- LULING, K.H. Zurbiologie und oökologie von *Arapaima gigas* (Pisces, Osteoglossidae). *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere* 54: 436–530. 1964.

QUEIROZ, H.L., SARDINHA, A.D. A preservação e o uso sustentado dos pirarucus (*Arapaima gigas*, Osteoglossidae) em Mamirauá. In: Queiroz, H.L., Crampton, W. (Ed.) **Estratégias para o manejo de recursos pesqueiros em Mamirauá**. Brasília: Sociedade Civil Mamirauá/ Ministério de Ciência e Tecnologia /Conselho Nacional de Pesquisa. 197p. 1999.

QUEIROZ, H.L. **Natural history and conservation of pirarucu, *Arapaima gigas*, at the Amazonian Várzea** : Red giants in muddy waters. Tese de Doutorado, University of St Andrews. 226p. 2000.

SIOLI, H. **The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin**. ed. Junk Publ., Dordrecht. 1984.