

O quê sabemos e precisamos fazer a respeito da conservação do pirarucu (*Arapaima spp.*) na Amazônia

Autores

Leandro Castello^{1, 2}, Donald J. Stewart³, & Caroline C. Arantes^{4, 5}

¹Woods Hole Research Center, Falmouth, Massachusetts, Estados Unidos

²Endereço atual: Department of Fish and Wildlife Conservation, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, Estados Unidos.

³Department of Environmental and Forest Biology, College of Environmental Science and Forestry, State University of New York, Syracuse, New York, Estados Unidos.

⁴Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia Santarém, PA, Brasil

⁵Department of Fish & Wildlife, Texas A&M University, College Station, Texas, Estados Unidos

Introdução

As transformações sociais e ecológicas que a Amazônia esta passando têm afetado em muito as populações de pirarucu (*Arapaima spp.*). Uma falta de informações a cerca da biologia e ecologia do pirarucu combinado com práticas de pesca insustentáveis e degradação de habitat têm impactado as populações de pirarucu. O pirarucu passou de peixe dominante das pescarias da Amazônia um século atrás a ser um peixe cada vez mais escasso nos desembarques pesqueiros.

No entanto, uma coisa não tem mudado. Seja em áreas onde o pirarucu já se encontra extinto ou em áreas onde há populações saudáveis, o pirarucu continua sendo um peixe símbolo da Amazônia. Embora outros peixes possuam importância econômica e social grande, como o curimatá (*Prochilodus nigricans*) por exemplo, nenhum outro peixe possui uma combinação maior de características-chave como o pirarucu. O pirarucu possui é importante social-, econômica, cultural, e ecologica-mente, sendo o peixe de maior interesse para as populações ribeirinhas.

Um conjunto de esforços de pesquisa e manejo tem nas últimas décadas avançado o nosso conhecimento da vida do pirarucu assim como sobre o seu manejo. Algumas populações de pirarucu agora existem que são bem estudadas e manejadas, e que nos permitem avaliar dentro do contexto da Amazônia o conhecimento atual sobre o pirarucu. Este capítulo faz uma síntese do conhecimento atual sobre o pirarucu e seu manejo, e tenta responder a seguinte pergunta: O que sabemos sobre o pirarucu, e o que precisamos fazer? O foco deste capítulo é na conservação, e leitores interessados em saber mais a respeito dos vários tópicos lidados aqui são convidados a procurar a literatura citada.

Metodologia de análise

A revisão da literatura cobriu tópicos relacionados a biologia, ecologia, e manejo do pirarucu. Com relação a biologia e ecologia, os tópicos revisados foram a taxonomia, habitat, história de vida, crescimento, e reprodução. Com relação ao manejo, os tópicos revisados foram a captura e comércio, medidas de manejo, monitoramento, ameaças, e status das populações. Nesta fase da análise, a literatura utilizada foi principalmente aquela publicada em meios científicos reconhecidos. Informações contidas em relatórios não publicados foram na sua maioria desconsiderados. Seguindo a revisão dos tópicos de biologia, ecologia, e manejo foi então proposta uma resposta para a pergunta que é título deste capítulo. Ênfase é dada para a distribuição geográfica do conhecimento atual e de ações de manejo de pirarucu na Amazônia.

Biologia e ecologia

Taxonomia. O pirarucu tem sido considerado como sendo um gênero monotípico há mais de 140 anos (e.g., Ferraris 2003), incluindo apenas a espécie *Arapaima gigas* (Schinz em Cuvier, 1822). Isso se deve a um resumo publicado em um catálogo, onde Günther (1868) listou

as três espécies de descritas por Valenciennes (em Cuvier e Valenciennes 1847: *A. agassizii*, *A. mapae* e *A. arapaima*) na sinonímia de *A. gigas* sem apresentar análise ou razão. No entanto, estudos recentes mostram evidência não só da validade da espécie *A. agassizii* (Stewart 2013a), mas também descrevem uma espécie nova da Amazônia Central (Stewart 2013b; Figure 1). Outros estudos taxonômicos e genéticos na Guiana e no Brasil mostram que ambos *A. arapaima* e *A. Mapae* são espécies válidas (Watson et al. No Prelo). Existem portanto no mínimo cinco espécies de pirarucu. Se considerarmos que a taxonomia do pirarucu quase não tem sido estudada, é provável que exista um número ainda maior de espécies de pirarucu.

Infelizmente, hoje em dia é possível determinar a distribuição geográfica apenas do gênero *Arapaima* e localidades de coleta para as espécies descritas (Figura 2). No entanto, a distribuição geográfica das espécies é impossível de ser determinada devido a falta de informações. A maioria dos exemplares de pirarucu preservados em coleções ictiológicas possuem apenas um espécime para algumas localidades, mas não possuem nem sequer um espécime para vários tributários importantes da Amazônia.

A noção taxonômica de várias espécies de pirarucu contrasta com alguns estudos de variação genética. Hrbek et al. (Hrbek et al. 2005, Hrbek et al. 2007) estudou a variação no DNA mitocondrial do pirarucu coletado em mercados regionais ao longo da calha do Solimões-Amazonas, incluindo um mercado na Bacia do Tocantins, e concluíram que suas amostras representavam uma única população de pirarucu que para toda a bacia amazônica. Araripe et al. (2013) estudaram variação genética de amostras de pirarucu separadas por várias distâncias—25, 100, e >1300 km—e concluíram que há um alto grau de diferenciação genética entre amostras separadas por mais de 1300 km de distância. Mas os autores não mencionam a possibilidade de haver mais de uma espécie. No entanto, Watson et al. (No prelo) encontraram unidades

evolutivas significantes (e possivelmente espécies distintas) nos lados opostos da divisão das bacias do Rio Branco e Essequibo, e concluíram que há mais de uma população de pirarucu na Guiana.

Até hoje, espécimes de *A. gigas* não foram encontrados no campo, exceto pelo holótipo usado para descrever a espécie que foi coletado perto de Santarém, Pará, Brasil em cerca de 1787 (Stewart 2013a). A discrepância entre os estudos atuais e o alto nível de incerteza quanto a taxonomia do pirarucu reforça a necessidade de estudos adicionais. A falta de informações mais refinadas a cerca da taxonomia do pirarucu requer que -este se enfoque apenas no nível de gênero *Arapaima*.

Habitat. O pirarucu habita principalmente áreas de planícies alagadas na bacia do Amazonas e Essequibo, incluindo florestas alagadas, rios, lagos, e drenagens costeiras. A distribuição geográfica do pirarucu geralmente é determinada por barreiras geográficas as quedas de água que têm correnteza forte e impedem sua passagem (Fig. 1). O pirarucu habitat habitats com correnteza fraca ou nula como aqueles encontrados em lagos (Queiroz e Sardinha 1999, Castello 2008a) .

Migração, crescimento, e reprodução: Nas planícies de alagação dos rios de água branca, chamados de várzea (Sioli 1984), o ciclo de vida do pirarucu é altamente influenciado pelo pulso anual de inundação das águas (Lowe-McConnell 1964, Castello 2008a). O pirarucu vive nos lagos de várzea, mas também pode ser encontrado nos canais do rio (nas praias), paranás, e canos durante a época de seca (Figura 3). É nessa época que o pirarucu adulto forma o casal. Quando o nível do rio sobe um pouco, o casal contrói o ninho na beira da florestas de restinga que circundam os ambientes de lago, ressaca, e paraná (Castello 2008a, Castello 2008b). O casal de

pirarucu deposita, fertiliza, e cuida dos ovos até que os ovos eclodam. Há indícios que o gênero possa fazer múltiplas desova em um mesmo ano (Lüling 1964, Neves 1995)

O macho cuida da prole, e migra para as florestas alagadas, que agora com a subida do nível da água oferecem um ambiente rico em comida. Muitos peixes migram para as florestas alagadas da várzea em busca das frutas e insetos que são fáceis de serem predados pelos peixes neste ambiente. Alguns desses peixes são alimento preferido do pirarucu, e os insetos e pequenos camarões são alimento preferido do pirarucu jovem. Quando o nível da água começa a descer, a prole mede cerca de 30-50 cm de comprimento, e a prole e o pirarucu adulto começam a migrar para os canais de paraná e cano, e depois migrando para dentro dos lagos. Durante a seca o pirarucu habitat preferencialmente os lagos onde ele costuma ser pescado.

Ao contrário do que alguns autores sugerem (Isaac et al. 1993), o pirarucu cresce rápido e se reproduz relativamente cedo. Em condições onde não há pesca ou nas quais os pescadores respeitam o tamanho mínimo de abate, o pirarucu cresce até 88 cm de comprimento no seu primeiro ano de vida, 123 cm no segundo ano, 154 cm no terceiro ano, 174 no quarto ano, e 188 no seu quinto ano de vida (Arantes et al. 2010). Nessas condições, a fêmea do pirarucu no Rio Solimões atinge maturidade sexual a partir de 157 cm de comprimento e aos três anos de idade (Arantes et al. 2010). Godinho et al. (2005) determinou que o comprimento de primeira maturação de fêmeas de pirarucu no Rio Tocantins é 145 cm. No entanto, alguns estudos tem mostrado que a seletividade da pesca feita com arpão e redes malhadeiras tende a diminuir a velocidade de crescimento do pirarucu através da remoção da população daqueles indivíduos que crescem mais rápido e que por isso tendem a ser maiores entre aqueles da mesma corte (que nasceram no mesmo ano; Arantes et al. 2010).

Dinâmica populacional: As populações de pirarucu podem se recuperar rapidamente da sobre-exploração em grande parte devido ao cuidado parental, crescimento rápido e porque começa a se reproduzir relativamente cedo durante seu ciclo de vida. Cinco populações de pirarucu que se encontravam sobre-exploradas e que começaram a ser exploradas de maneira sustentável cresceram em abundância a uma taxa média de 25% ao ano (Arantes et al. 2006) . Castello et al. (2011b) desenvolveu um modelo empírico da dinâmica de uma população de pirarucu e estima que populações bem manejadas de pirarucu podem render anualmente cerca de 1.5 kg/ha de peixe inteiro. No entanto, essa estimativa é cinco vezes maior que a estimativa de Sánchez (1969) de 0.3 kg/ha de várzea, a qual foi obtida com base na observação de séries históricas de dados de produção. Essas taxas de produção, representam entre 3 e 0.6%, respectivamente, da taxa de 50 kg/ha de produção total de peixe no ecossistema de várzea por ano (Bayley e Petrere Jr. 1989).

Dieta e papel no ecossistema: O pirarucu tem sido considerado ser um predador de topo de cadeia trófica. Por isso, ele provavelmente regula a estabilidade do ecossistema que habita. O pirarucu é prioritariamente piscívoro, suas presas são geralmente peixes pequenos e abundantes, especialmente os detritívoros e onívoros (Sánchez 1969, Queiroz 2000). No entanto, um estudo atual encontrou evidência de isótopos de carbono que o pirarucu é um peixe omnívoro do meio da cadeia trófica (Watson et al. No Prelo). Até o momento nenhum estudo determinou os o papel que o pirarucu exerce para o ecossistema.

Tamanhos populacionais: Usando uma análise genética, Hrbek et al. (2005) estimou que a população de pirarucu em uma área de aproximadamente 100.000 km² na bacia Amazônica seria 300.000 indivíduos. No entanto, essa estimativa pode ser subestimada, já que censos populacionais feitos na Reserva Mamirauá, em uma área de cerca 1000 km² , mostraram a

existência de pelo menos 50.000 indivíduos onde as populações de pirarucu estão sendo bem manejadas (Arantes et al., 2006). Castello et al. (2011a) usou uma classificação da densidade do pirarucu por tipo de manejo, e estimou que atualmente a população no ecossistema de várzea é em torno de 800,000 indivíduos maiores de 1 m de comprimento. No entanto, censos populacionais feitos em áreas manejadas e não manejadas mostram que as densidades de pirarucu podem variar muito, de 0 a 200 indivíduos/ ha, dependendo da eficácia do manejo. Por isso, é difícil extrapolar dados de censos populacionais existentes para largas áreas.

Tendências populacionais: Acredita-se que as populações de pirarucu estão seguindo uma tendência geral de declínio na Bacia Amazônica. No século XIX e início do XX o pirarucu era responsável pela pesca mais importante da Amazônia (Veríssimo 1895), mas a partir dos anos 1950 as capturas e o comprimento dos indivíduos capturados começaram a reduzir (Isaac, et al., 1993). Existem dados de captura disponíveis e analisados para três regiões: Médio Solimões, Amazônia central e Baixo Amazonas, e todos eles mostram predominância de juvenis, um sinal comum de sobre-exploração pesqueira. A série de dados mais completa e longo prazo é para o pirarucu seco e salgado desembarcado em Manaus, Estado do Amazonas, Brasil (Fig. 2). Essa série única de dados, infelizmente, reforça a escassez de dados sobre as capturas. Note que há ausência de dados para vários anos e que os dados disponíveis são subestimados, já em geral há falta de esforços de monitoramento, e a pesca e o desembarque são descentralizados. Por isso, boa parte das capturas não são registradas (Viana et al. 2004, Viana et al. 2007, Castello et al. 2009). A única análise existente de tendência populacional do pirarucu foi feita por Queiroz e Sardinha (1999), e os resultados sugeriram declínios populacionais.

Exceções a essas tendências negativas nas populações ocorrem em áreas onde comunidades estão praticando esforços para manejar e conservar o pirarucu. Diversas

comunidades ribeirinhas atualmente estão desenvolvendo iniciativas de conservação do pirarucu (McGrath et al. 1993, Castello et al. 2009, Castello et al. 2011a). Entretanto, mesmo assim, não existem dados consistentes disponíveis sobre o número de comunidade que efetivamente está conservando o pirarucu, muito menos sobre as tendências nas populações de pirarucu na área dessas comunidades. Assim, a extensão geográfica dessas iniciativas ainda é desconhecida.

Manejo e conservação

Medidas de manejo: As tentativas do governo de manejar a pesca do pirarucu na Amazônia brasileira não foram efetivas. O IBAMA implementou um tamanho mínimo de captura (1.5 m) em 1986 (Portaria nº 14-N, de 15 de fevereiro de 1993) e um período de defeso reprodutivo (de dezembro a maio) em 1991 (Portaria Normativa no 489 de 05 de Março de 1991). O IBAMA também proibiu a pesca do pirarucu no Estado do Tocantins em 1990 (Portaria Normativa de 23 de Março de 1990), e no Estado do Amazonas em 1996, e finalmente no Acre em 2008. Entretanto, o pirarucu continua sendo pescado ilegalmente. A pesca ilegal é tão comum que provavelmente a maioria do pirarucu pescado e comercializado é proveniente de pescarias ilegais (Figura 4). A fiscalização das medidas de manejo é praticamente nula porque o IBAMA carece de recursos humanos e financeiros para fazer seu trabalho efetivamente, especialmente em uma área enorme e complexa como a Bacia Amazônica (Castello et al. 2009). Por exemplo, em Tefé até 1999 apenas oito fiscais do IBAMA eram responsáveis por fiscalizar uma área de 251.000 km² (Crampton et al. 2004). Hoje em 2013, o escritório do IBAMA em Tefé foi desativado, e substituído pelo ICMbio, que dedica-se apenas a questões pertinentes de Unidades de Conservação e não tem responsabilidade pela atividade pesqueira fora de áreas de proteção.

Sistema de monitoramento: A ausência de informações sobre as populações e capturas de pirarucu tem sido um dos maiores problemas impedindo o manejo sustentável (Isaac et al. 1998, Queiroz e Sardinha 1999, Martinelli e Petrere Jr. 1999, Castello 2004). Métodos convencionais de marcação e recaptura são praticamente impossíveis de serem usados devido ao alto custo e demanda de trabalho, além das enormes áreas envolvidas. Em muitos casos, os desembarques registraram menos de 20% das reais capturas de pirarucu. O monitoramento efetivo da captura pode ser feito pelos próprios pescadores, mas isso requer investimento em capacitação e continuidade.

Captura: A maior parte da pesca pirarucu está concentrada na época da seca, predominantemente. Nesta época, os níveis baixo da água restringem os peixes que ficam mais vulneráveis a pesca (Veríssimo 1895, Welcomme 1979). A pesca é feita usando arpão ou malhadeira, ou uma combinação dos dois, embora as malhadeiras tenham sido cada vez mais usadas. No entanto, a pesca com arpão é tradicional, feita desde anos 1800s, e é preferida pelos pescadores experientes por ser mais seletiva. Outros métodos como anzol e linha de mão também são usados. A captura de juvenis de pirarucu para suprir a aquicultura também é comum. Ainda não existe a tecnologia necessária para reproduzir o pirarucu em cativeiro, então a maioria das empresas de aquicultura dependem da coleta de indivíduos em ambiente natural. O pirarucu proveniente de cultivo é comercializado muitas vezes como sendo peixe “sustentável”. Contudo, não existem dados oficiais sobre a produção aquícola nem sobre a translocação de indivíduos (Castello e Stewart 2010) .

Principais ameaças: A principal ameaça é a sobre-pesca, ainda que haja outros fatores preocupantes, como a degradação dos habitats e a translocação de indivíduos para aquicultura. A sobre-pesca ocorre em toda a bacia Amazônica, com exceções para áreas de algumas

comunidades que estão conservando o pirarucu com diferentes níveis de sucesso. No Baixo Amazonas, uma área de mais de 2.400 km² de várzea, por exemplo, as populações estão criticamente sobre-exploradas. Lá são encontrados apenas 1.5 ind./km², o que é menos do que o limite de densidade populacional 4 ind./km² de Castello (2011a) para populações sobre-exploradas (Castello et al. 2011b).

A degradação de habitat é uma ameaça ainda mais perigosa que a sobre-pesca. No entanto, a capacidade do pirarucu sobreviver habitats degradados ainda é incerta. Regiões do Baixo Amazonas perto da cidade de Santarém, onde há havido grande degradação ambiental, possuem populações de pirarucu que são ativamente exploradas pelos pescadores locais (McGrath et al. 2008, Castello et al. 2012, Miranda-Chumacero et al. 2012) o que sugere certa resiliência por parte do gênero.

Outra ameaça é a translocação de indivíduos. A noção de que só existe uma espécie de pirarucu tem levado a uma translocação descontrolada de indivíduos jovens entre diversas partes da bacia, quase sempre para abastecer iniciativas de aquicultura. Um exemplo claro dos danos ambientais e sociais causados por essa translocação é a invasão do pirarucu na Bolívia. Miranda-Chumacero et al. (2012) mostrou que a iniciativas de aquicultura introduziram o pirarucu em uma região da Amazonia Peruana onde o pirarucu não era nativo, no Rio Madre de Dios. O pirarucu então colonizou rios vizinhos em relativamente pouco tempo. A introdução de espécies novas de pirarucu que é causada pela translocação descontrolada pode reduzir a variabilidade genética e até mesmo levar espécies locais a extinção.

Estado de conservação: O pirarucu foi listado como em estado “vulnerável” na lista vermelha de espécies ameaças de extinção da União Internacional para conservação da natureza (IUCN) em 1986 e 1988. Depois, passou a ser listado na categoria “dados insuficientes”. Isso

significa que não é possível fazer uma avaliação criteriosa a respeito dos riscos de extinção com base na pouca informação existente. *Arapaima gigas* é a única espécie de peixe de água doce listada no Anexo II, anexo este proposto pela Convenção Internacional de Comércio de Espécies Ameaçadas (CITES). O estado de conservação do pirarucu no Brasil não foi avaliado rigorosamente, não tendo sido incluído na lista Brasileira de espécies ameaçadas de extinção proposta pelo Ministério do Meio Ambiente do Brasil.

Avanços no manejo sustentável: Um modelo novo de manejo do pirarucu foi desenvolvida na Reserva Mamirauá. O modelo se embasa na capacidade que alguns pescadores experientes possuem de poder utilizar uma metodologia para contar o número de indivíduos de pirarucu no momento que eles vêm à superfície para respirar (Castello, 2004). No modelo de manejo, todos os anos os pescadores realizam o censo populacionais de pirarucu, ou sejam contam pirarucu em toda a área de manejo. Depois, em colaboração com Instituto Mamirauá e o IBAMA, os pescadores usam os dados para determinar cotas de pesca para o próximo ano (Viana et al., 2004). Esse método foi incorporado em um sistema onde todos os anos os pescadores realizam os censos de pirarucu, e em colaboração com Instituto Mamirauá e o IBAMA, usam os dados para determinar cotas de pesca para o próximo ano (Viana et al., 2004). O Instituto Mamirauá provê apoio institucional e assistência técnica aos pescadores, o IBAMA supervisiona as ações de manejo e pode autorizar ou não autorizar as cotas de pesca, e os pescadores são responsáveis por cumprir e fiscalizar as regras de manejo. Uma análise recente desse modelo de manejo concluiu com base em dados de comunidades bem estudadas que o modelo parece ser efetivo (Castello et al. 2011a). Em muitas comunidades, a renda dos pescadores mais do que dobrou, os pescadores engajaram no processo, e as populações de pirarucu se recuperaram rapidamente (Viana et al. 2004, Arantes et al. 2006, Viana et al. 2007, Castello et al. 2009,

Castello et al. 2011a). Esse modelo de manejo foi incorporado na legislação Estado do Amazonas 2004, criando uma exceção à proibição para pescadores que apresentem dados de contagem das populações de pirarucu. Através dessa legislação e dos trabalhos de várias instituições, o modelo de manejo tem se disseminado rapidamente. Enquanto em 1999, apenas 4 comunidades manejavam o pirarucu, atualmente mais de 100 estão manejando somente no Estado do Amazonas (incluindo três municípios). No entanto, Castello et al. (2011a) mostrou que não há evidência de sustentabilidade em algumas dessas áreas de manejo que não são assessoradas pelo Instituto Mamirauá. Legislações semelhantes foram implementadas no Acre em 2008 e na Guiana em 2006.

O quê sabemos?

Foi mostrado que o seu cuidado parental e rápido crescimento e maturação sexual permitem crescimento populacional acelerado e capturas significantes. Seu hábito de respiração aérea permite censos populacionais acurados feitos pelos próprios pescadores. Seu comportamento migratório permite o manejo na escala geográfica (pequena) das comunidades ribeirinhas. Por fim, seu alto valor de mercado permite retorno econômico alto para os pescadores, muitas vezes mas nem sempre alto o suficiente para cobrir os custos de manejo. Em suma, sabemos que o pirarucu possui características biológicas e ecológicas que permitem que a sua exploração sustentada.

Essa conclusão considera o problema preocupante que o volume de conhecimento do pirarucu ainda é muito deficiente. Como foi mostrado, há lacunas grandes com relação a quase todos os aspectos relacionados a este gênero. Para piorar a situação, a maioria dos estudos existentes provêm da Amazônia Central, e há uma carência de estudos em outras regiões.

A opinião dos autores é que estudos futuros mostrarão um alto grau de variação com relação a parâmetros populacionais, devido a uma combinação de fatores de diversidade específica e populacional e ambientes ecológico e influências ambientais e antrópicas. Por exemplo, a diferença entre os comprimentos de primeira maturação determinados por Godinho et al. (2005) e Arantes et al. (2010) são evidência disso.

Também foi mostrado que as medidas de manejo implementadas no Brasil de tamanho mínimo e de defeso são relativamente adequadas. É possível que apenas estas duas medidas, se fossem realmente cumpridas pelos pescadores, possam assegurar o manejo sustentado do pirarucu. No entanto, a efetividade dessas medidas de manejo é reduzida pela falta de ações de fiscalização, e a pesca ilegal e descontrolada que isso gera. A falta de ações de monitoramento deixa órgãos do governo e pescadores desprovidos da informação necessária para tomar ações de prevenção e remediação do possível deterioramento das populações de pirarucu. Além disso, a translocação de indivíduos de pirarucu sem consideração para aspectos taxonômicos representa uma ameaça a mais ao gênero. Em suma, sabemos que a falta de ações de manejo é a principal causa da insustentabilidade da pesca do pirarucu.

O desenvolvimento do novo modelo de manejo de pirarucu na Reserva Mamirauá com base nas contagens de pirarucu feitas pelos próprios pescadores representa um avanço importante em direção a conservação do pirarucu. Mas esse modelo de manejo sozinho não é suficiente. Castello et al. (2011b) mostrou que a maioria dos problemas afetando o manejo de pirarucu feito por comunidades que não são assessoradas pelo Instituto Mamirauá provém da falta de apoio institucional e técnico. Embora o modelo de manejo desenvolvido seja efetivo, ele não funciona a menos que ações de monitoramento, fiscalização, e resolução de conflito sejam realizadas. Nas comunidades da Reserva Mamirauá, o Instituto Mamirauá prove essa assessoria. Nas outras

comunidades, há uma carência que ainda precisa ser preenchida. Nesses casos, o papel do governo no monitoramento, fiscalização, e resolução de conflito é fundamental.

O quê precisamos fazer?

Como foi explicado, os maiores avanços no manejo sustentado do pirarucu, os quais ocorreram na Reserva Mamirauá, provêm da integração de ações de pesquisa e manejo. Pesquisa sobre a habilidade de pescadores contar pirarucu, junto com pesquisas sobre a biologia e ecologia do pirarucu, proporcionaram os elementos básicos para que ações de manejo pudessem desenvolver um novo modelo de manejo junto a comunidades ribeirinhas. Portanto, sugere-se que ambos pesquisa e manejo devem se tornar prioridades para garantir a conservação do pirarucu. Um aumento no número de pesquisas sobre a biologia e ecologia do pirarucu é essencial para melhor entender vários aspectos ainda pouco entendidos e também para expandir a cobertura geográfica do conhecimento para toda a Amazônia. No entanto, devido a efetividade de regras de manejo simples tais como as medidas de tamanho mínimo e defeso, e também devido ao volume relativamente significativo de conhecimento acerca do pirarucu, sugere-se que a conservação do pirarucu na Amazônia depende principalmente da melhoria das ações de manejo, incluindo o monitoramento e a fiscalização.

Agradecimentos

Agradecemos o convite a participar deste livro. A imagem na figura 1A é de G. Chernilevsky (Wikimedia Commons, Arapaima gigas 2009 G2.jpg).

Referências

- Arantes C, D. S. Garcez, L. Castello. 2006. Densidades de pirarucu (*Arapaima gigas*, teleostei, osteoglossidae) em lagos das reservas de desenvolvimento sustentável mamirauá e amanã, amazonas, brasil. Uakari 2: 37-43.
- Arantes CC, Castello L, Stewart DJ, Cetra M, Queiroz HL. 2010. Population density, growth and reproduction of arapaima in an Amazonian river-floodplain. Ecology of Freshwater Fish 19: 455-465.
- Araripe J, do Rêgo PS, Queiroz H, Sampaio I, Schneider H. 2013. Dispersal capacity and genetic structure of *Arapaima gigas* on different geographic scales using microsatellite markers. PloS One 8: e54470.
- Bayley, P. B., & Petrere Jr., M. 1989. Amazon fisheries: Assessment methods, current status and management options. Pages 385-398 in Dodge DP, ed. Proceedings of the International Large River Symposium. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences.
- Castello, L., Viana, J. P., & Pinedo-Vasquez, M. 2011a. Participatory conservation and local knowledge in the Amazon várzea: The pirarucu management scheme in Mamirauá. Pages 259-273. In The Amazon Várzea. Springer.
- Castello L, McGrath DG, Arantes CC, Almeida OT. 2012. Accounting for heterogeneity in small-scale fisheries management: The amazon case. Marine Policy 38: 557–565
- Castello L. 2008a. Lateral migration of *Arapaima gigas* in floodplains of the amazon. Ecology of Freshwater Fish 17: 38–46.

- Castello L. 2008b. Nesting habitat of pirarucu *Arapaima gigas* in floodplains of the amazon. *Journal of Fish Biology* 72: 1520-1528.
- Castello L, Stewart DJ. 2010. Assessing CITES non-detriment findings procedures for arapaima in Brazil. *Journal of Applied Ichthyology* 26: 49-56.
- Castello L, Stewart DJ, Arantes CC. 2011b. Modeling population dynamics and conservation of arapaima in the Amazon. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 21: 623-640.
- Castello L, Viana JP, Watkins G, Pinedo-Vasquez M, Luzadis VA. 2009. Lessons from integrating fishers of arapaima in small-scale fisheries management at the Mamirauá Reserve, Amazon. *Environmental Management* 43: 197-209.
- Castello L. 2004. A method to count pirarucu *Arapaima gigas*: Fishers, assessment and management. *North American Journal of Fisheries Management* 24: 379-389.
- Cuvier, G. 1822. *Das Thierreich eingetheilt nach dem Bau der Thiere als Grundlage ihrer Naturgeschichte und der vergleichenden Anatomie. Mit vielen Zusätzen versehen von H. R. Schinz.* Cotta, Stuttgart and Tübingen, Germany.
- Cuvier, G., and A. Valenciennes. 1847. *Histoire naturelle des poissons. Tome dix-neuvième. Suite du livre dix-neuvième. Brochets ou Lucioïdes. Livre vingtième. De quelques familles de Malacoptérygiens, intermédiaires entre les Brochets et les Clupes.* P. Bertrand, Paris V. 19:i-xix + 1-544 + 6 pp., pls. 554-590.
- Crampton, W. G. R., Castello, L., & Viana, J. P. 2004. Fisheries in the amazon várzea: Historical trends, current status, and factors affecting sustainability. Pages 76-95 in Silvius K, Bodmer

- R and Fragoso JMV, ed. People in Nature: Wildlife Conservation in South and Central America. New York: Columbia University Press.
- Ferraris, C. J., Jr. 2003. Family Arapaimatidae (Bonytongues), p. 31. In: Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America. R. E. Reis, S. O. Kullander, and C. J. Ferraris, Jr. (eds.). EDIPUCRS, Porto Alegre, Brazil.
- Godinho HP, Santos JE, Formagio PS, Guimarães-Cruz RJ. 2005. Gonadal morphology and reproductive traits of the Amazonian fish *Arapaima gigas* (schinz, 1822). Acta Zoologica 86: 289-294.
- Günther, A. 1868. Catalogue of the Fishes of the British Museum. Catalogue of the Physostomi, containing the Families Heteropygii, Cyprinidae, Gonorhynchidae, Hyodontidae, Osteoglossidae, Clupeidae, Chirocentridae, Alepocephalidae, Notopteridae, Halosauridae, in the Collection of the British Museum. V. 7:i-xx + 1-512.
- Hrbek T, Crossa M, Farias I. 2007. Conservation strategies for *Arapaima gigas* (schinz, 1822) and the Amazonian várzea ecosystem. Brazilian Journal of Biology 67: 909-917.
- Hrbek T, Farias IP, Crossa M, Sampaio I, Porto JI, Meyer A. 2005. Population genetic analysis of *Arapaima gigas*, one of the largest freshwater fishes of the Amazon basin: Implications for its conservation. Animal Conservation 8: 297-308.
- Isaac, V. J., Ruffino, M. L., & McGrath, D. 1998. In search of a new approach to fisheries management in the middle Amazon. Pages 889-902 in Funk F, Heifetz J, Ianelli J, Power J,

- Quinn T, Schweigert J, Sullivan P and Ahang CI, ed. Symposium on Fishery Stock Assessment Models for the 21 Century. Fairbanks: Alaska Sea Grant College Program.
- Isaac, V. J., Rocha, V. L. C., & Mota, S. 1993. Considerações sobre a legislação da "piracema" e outras restrições da pesca da região do Médio Amazonas. Furtado LG, Leitão W and Melo AF, ed. Povos Das Águas, Realidade E Perspectivas Na Amazônia. Belém: Ministério de Ciência e Tecnologia, Conselho Nacional de Pesquisa, Museu Paraense Emilio Goeldi.
- Lowe-McConnell RH. 1964. The fishes of the rupununi savanna district of British Guiana, pt. 1. groupings of fish species and effects of the seasonal cycles on the fish. Zoological Journal of the Linnaean Society 45: 103-144.
- Lüling KH. 1964. Zur biologie und ökologie von *Arapaima gigas* (pisces: Osteoglossidae). Zeitschrift Für Morphologie Und Ökologie Der Tiere 54: 436-530.
- Martinelli NMC, Petrere Jr. M. 1999. Morphometric relationships and indirect determination of the length frequency structure of the pirarucu *Arapaima gigas* (cuvier), in the Brazilian Amazonia. Fisheries Management and Ecology 5: 233-240.
- McGrath DG, Cardoso A, Almeida OT, Pezzuti J. 2008. Constructing a policy and institutional framework for an ecosystem-based approach to managing the Lower Amazon floodplain. Environment, Development and Sustainability 10: 677-695.
- McGrath DG, Castro F, Futemma C, Amaral BD, Calabria J. 1993. Fisheries and evolution of resource management on the Lower Amazon floodplain. Human Ecology 21: 167-195.

- Miranda-Chumacero G, Wallace R, Calderón H, Calderón G, Willink P, Guerrero M, Siles TM, Lara K, Chuqui D. 2012. Distribution of arapaima (*Arapaima gigas*)(pisces: Arapaimatidae) in Bolivia: Implications in the control and management of a non-native population.
- Neves AMB. 1995. Conhecimento atual sobre o pirarucu, *Arapaima gigas* (cuvier 1817). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Zoologia 11: 33-56.
- Queiroz HL. 2000. Natural history and conservation of pirarucu, *Arapaima gigas*, at the Amazonian várzea: Red giants in muddy waters.
- Queiroz, H. L., & Sardinha, A. D. 1999. A preservação e o uso sustentado dos pirarucus em Mamirauá. Pages 108-141 in Queiroz, H. L., e Crampton, W.G.R., ed. Estratégias Para O Manejo De Recursos Pesqueiros Em Mamirauá. Tefé, Brazil: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Sociedade Civil Mamirauá.
- Sánchez JR. 1969. El "paiche:" Aspectos de su historia natural y aprovechamiento. Revista De Caza Y Pesca 10: 17-61.
- Sioli, H. 1984. The amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types. Pages 127-166 in Sioli H, ed. The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin. Dordrecht: Dr W. Junk Publishers.
- Stewart, D. J. 2013a. Re-description of *Arapaima agassizii* (Valenciennes), a rare fish from Brazil (Osteoglossomorpha, Osteoglossidae). Copeia 2013(1): 38-51.

- Stewart, D. J. 2013b. A new species of *Arapaima* (Osteoglossomorpha, Osteoglossidae) from the Solimões River, Amazonas State, Brazil. *Copeia* 2013(2): In Press.
- Veríssimo J. 1895. A Pesca no Amazônia. Rio de Janeiro: Livraria Clássica Alves and Companhia.
- Viana, J. P., Damasceno, J. M. B., Castello, L., & Crampton, W. G. R. 2004. Economic incentives for sustainable community management of fishery resources in the Mamiraua Sustainable Development Reserve, Amazonas, Brazil. Pages 139-154 in Silvius K, Bodmer R and Fragoso JMV, ed. *People in Nature: Wildlife Conservation in South and Central America*. New York: Columbia University Press.
- Viana, J. P., Castello, L., Damasceno, J. M. B., Amaral, E. S. R., Estupiñán, G. M. B., Arantes, C., et al. 2007. Manejo comunitário do pirarucu *Arapaima gigas* na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá - Amazonas, Brasil. Pages 239-261 in Anonymous *Áreas Aquáticas Protegidas Como Instrumento De Gestão Pesqueira*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e IBAMA.
- Watson, L. C., D. J. Stewart, and A. M. Kretzer. No Prelo. Genetic assessment of the threatened *Arapaima* in Guyana: implications for conservation of a giant fish. *Molecular Ecology*.
- Welcomme RL. 1979. *Fisheries Ecology of Floodplain Rivers*. London: Longman Press.

Figuras

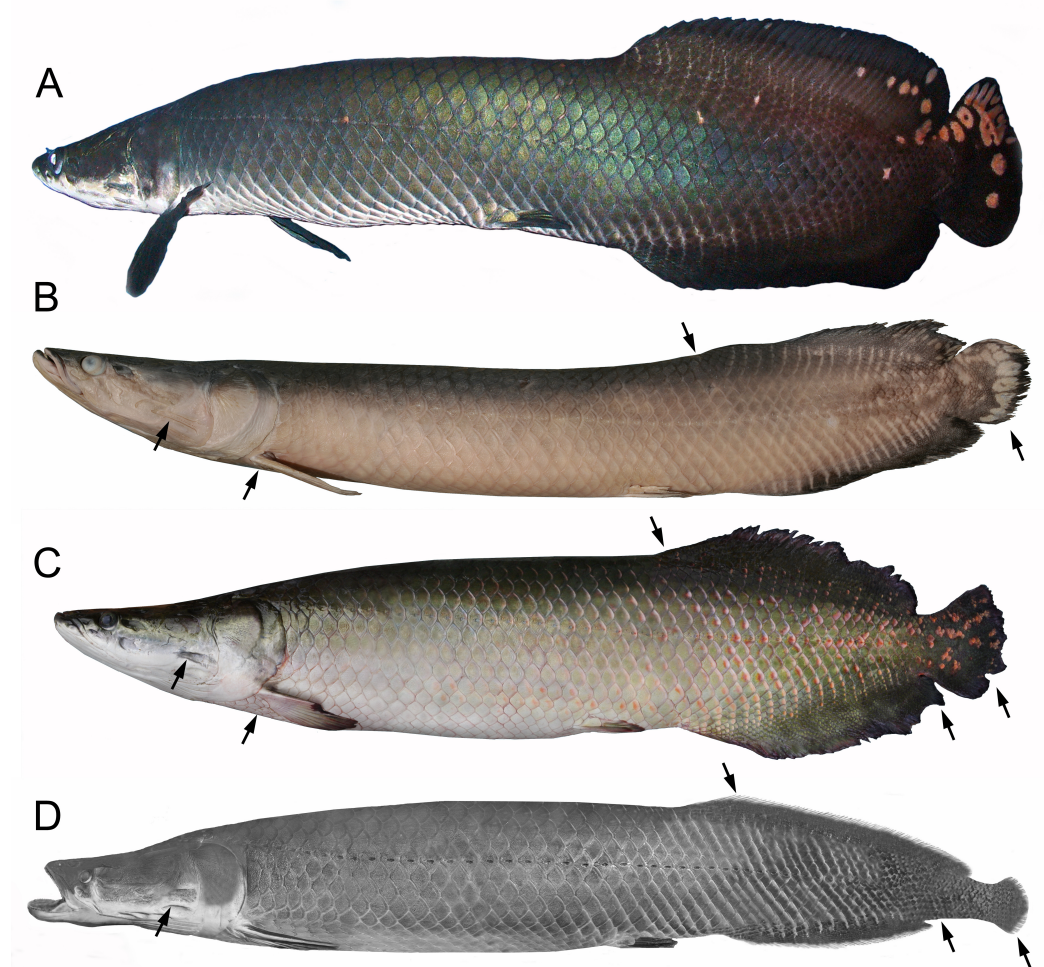


Figura 1. Comparação de diferenças morfológicas de três espécies de pirarucu: **A)** *Arapaima* n. sp., foto tomada em um aquário em Sevastopol, Ucrânia (comprimento do peixe desconhecido, cabeça e cauda curvadas por efeito da foto; veja agradecimentos; **B)** *Arapaima* n. sp., holotipo, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) 16847, 77.6 cm comprimento padrão, Estados do Amazonas, Rio Solimões, perto de Anori (Stewart 2013b); **C)** juvenile *Arapaima* sp. *incertae sedis*, INPA 26582, 61.9 cm comprimento padrão, Estado do Amazonas, Reserva Mamirauá (Jarauá); **D)** *Arapaima agassizii*, holotipo, aproximadamente 98 cm comprimento padrão, Bacia Amazônica, Brasil (fonte Stewart 2013a). Setas indicam, diferenças importantes na forma das cavidades sensoriais preoperculares, orientação da base da nadadeira pectoral, e forma das nadadeiras dorsais, anais, e caudais. Peixes B e C também diferem na sua espessura. As manchas grandes nas nadadeiras caudais e ausência de manchas meio-laterais em A tornam esta espécie muito rara. As diferenças entre B e C indicam a presença de pelo menos duas espécies na Amazônia Cenral (Stewart 2013b).

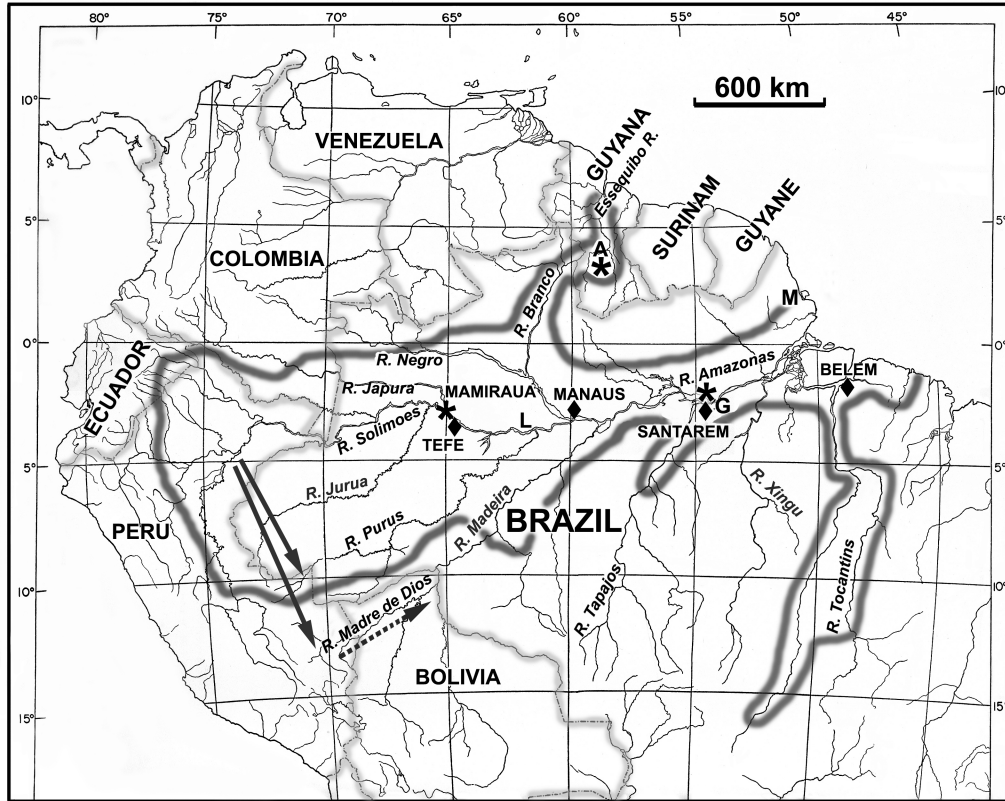


Figura 2. Resumo da informação disponível sobre a distribuição geográfica do gênero *Arapaima* no norte da América do Sul (traços escuros denotam limites da distribuição). Mapa modificado de Castello e Stewart (2010). Estrelas indicam áreas focais de estudo de campo. Fronteiras políticas são mostradas com linhas em cinza claro. Diamantes indicam cidades mencionadas no texto. Setas contínuas indicam translocação do pirarucu de cultivo para a cabeceira das bacias do Madeira e Purus. Setas pontilhadas indicam invasão de população reprodutiva de pirarucu na Bolívia (Miranda-Chumacero et al. 2012). Localidades de coleta de espécies diferentes são indicadas: G = *A. gigas*, M = *A. mapae*, A = *A. arapaima*, e L = *A. n. sp.*; localidade para *A. agassizii* é desconhecida (Stewart 2013a, b).

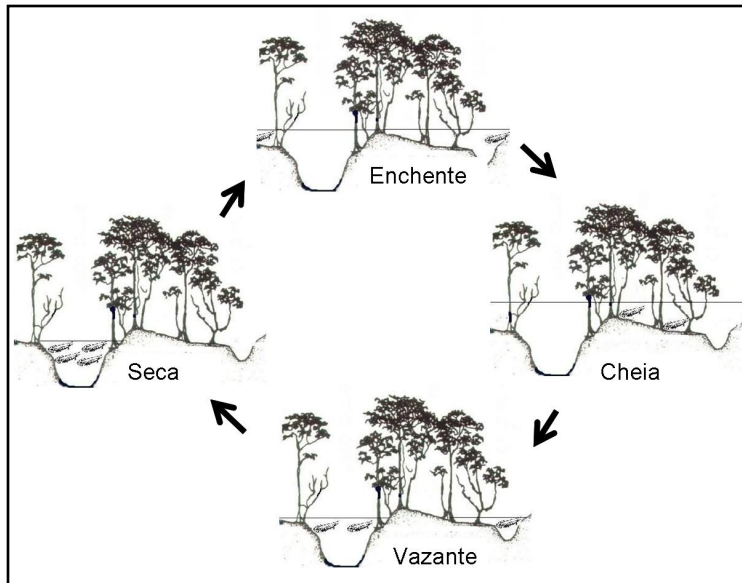


Figura 3. Diagrama esquemático das migrações do pirarucu no ambiente de várzea durante o ano (baseado em Castello 2008a, Castello 2008b).

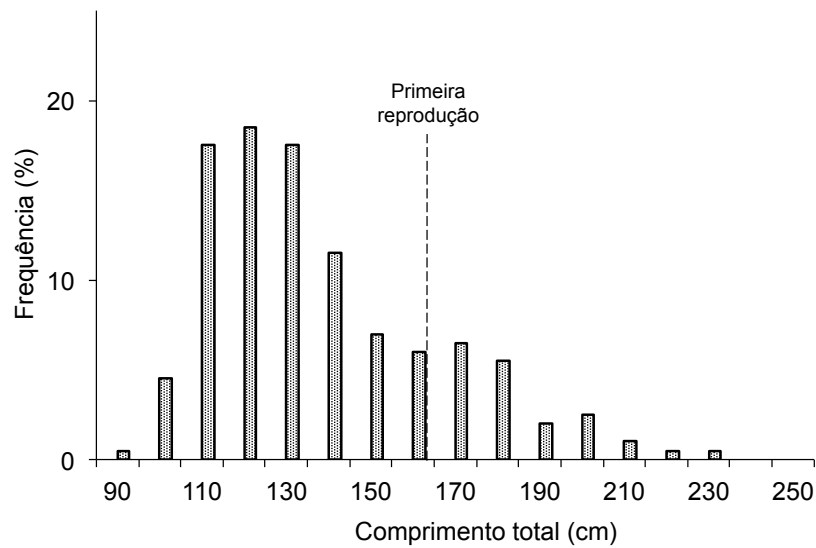


Figura 4. Estrutura de tamanho típica da pesca do pirarucu na Amazônia. Dados de captura são de Viana et al. (2004) e dado de primeira reprodução é de Arantes et al. (2010).