

**Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Graduação em Ecologia**

**Invisíveis porém detectáveis: a
utilização do Monitoramento Acústico
Passivo em peixes-boi da Amazônia
(*Trichechus inunguis*).**

Isadora da Matta Carletti

**Natal, Rio Grande do Norte
Junho/2016**

**Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Graduação em Ecologia**

**Invisíveis porém detectáveis: a
utilização do Monitoramento Acústico
Passivo em peixes-boi da Amazônia
(*Trichechus inunguis*).**

ISADORA DA MATTA CARLETTI

Monografia apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, como parte dos requisitos para obtenção do título de Graduação em Ecologia, sob orientação da Prof. Dra. Renata Santoro de Sousa Lima Mobley, e co-orientação da Prof. Dra. Vera Maria Ferreira da Silva.

**Natal, Rio Grande do Norte
Junho/2016**

ISADORA DA MATTA CARLETTI

INVISÍVEIS PORÉM DETECTÁVEIS: A UTILIZAÇÃO DO MONITORAMENTO ACÚSTICO PASSIVO EM PEIXES-BOI DA AMAZÔNIA (TRICHECHUS INUNGUIS).

Monografia apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, como parte dos requisitos para obtenção do título de Graduação em Ecologia, sob orientação da Prof. Dra. Renata Santoro de Sousa Lima Mobley, e co-orientação da Prof. Dra. Vera Maria Ferreira da Silva.

APROVADA EM 09/06/2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Renata Santoro de Sousa Lima Mobley
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
(Orientadora)

Prof. Dr. Mauro Pichorim
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcio Zikan Cardoso
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

**The cure for anything is salt water:
sweat, tears or the sea.**

Isak Dinesen

AGRADECIMENTOS

Ninguém disse que seria fácil traçar metas e conseguir concluí-las. Muito menos ter que mudar de cidade e ficar longe da família para iniciar uma das mais importantes para mim. Descobri que quando vamos de coração, o mundo nos abre os braços, e todas as pessoas que encontramos acabam influenciando no cumprimento dessas metas.

Agradeço àqueles que de certa forma contribuíram para a realização deste trabalho, seja com palavras de incentivo, até perdendo algumas horas para estar comigo:

À minha orientadora, Renata, que me acolheu e acreditou na minha força de vontade, dando apoio e suporte em diversos momentos.

À Vera, Louzamira e todos os envolvidos nas gravações utilizadas aqui nesse trabalho, pela ajuda dada mesmo estando longe.

À Julia, Luane, Brito, Nara, Lara e todos os amigos do laboratório por todo o apoio, incentivo e amizade.

Aos professores Coca e Fadigas, pelas sugestões, comentários e apoio em minhas dúvidas estatísticas.

Aos meus amigos, Ewaldo, Maiara, Leo, João Lucas, Anízio, Cinara, Clarinha, Letícia, Marcelo, Mariah, Patê e os demais amigos do curso pelo companheirismo, incentivo e presença mais do que importante em minha vida.

Aos meus pais, irmãos e familiares, que me ensinaram dia a dia a ter força e coragem, valores a se seguir, habilidades para encarar desafios, e pela confiança em mim.

Muito obrigada!

RESUMO

A observação direta de peixes-boi da Amazônia (*Trichechus inunguis*) na natureza é muito difícil devido ao seu comportamento críptico e a baixa visibilidade da água. Métodos alternativos não-invasivos são necessários para monitorar as populações dessa espécie considerada vulnerável. *Trichechus inunguis* é conhecido por emitir sons em cativeiro, e suas vocalizações diferem entre sexo e classe etária, potencialmente permitindo estimar a estrutura da população através do Monitoramento Acústico Passivo (MAP). Tendo isso em vista, os objetivos desse estudo são: 1) avaliar se peixes-boi da Amazônia podem ser acusticamente detectados na natureza através do MAP; 2) determinar, em cativeiro, se há relação entre o número de detecções acústicas e o número de indivíduos; e 3) verificar se o número de detecções acústicas em cativeiro aumenta na época reprodutiva, ou seja, com a presença de filhotes. Gravações foram realizadas em cativeiro nos anos de 1998 e 2016, e na natureza entre junho e julho de 2001 no Brasil e em julho de 2012 no Peru ao longo da Bacia do Rio Amazonas. Os parâmetros acústicos das vocalizações gravadas na natureza são similares àqueles das vocalizações registradas em cativeiro. Os registros na natureza ocorreram logo após o período de nascimento, logo é possível que as vocalizações gravadas sejam predominantemente de fêmeas lactantes e seus filhotes. O uso de *playback* para obter as gravações no Brasil pode ter estimulado a resposta vocal de alguns indivíduos. É possível monitorar populações de *T. inunguis* na natureza através do MAP, especialmente durante e após o período de nascimento. Entretanto, não houve relação significativa entre as vocalizações e o número de indivíduos, mas foi possível verificar em cativeiro que a presença de filhotes aumenta o número de detecções acústicas.

Palavras-chave: bioacústica; vocalização; comunicação de peixe-boi; comportamento; estimativa populacional.

ABSTRACT

Direct observation of Amazonian manatees (*Trichechus inunguis*) in nature is very difficult due to their cryptic behaviour and low water visibility. Alternative non-invasive methods are needed to monitor the populations of this species considered vulnerable. *Trichechus inunguis* is known to emit sounds in captivity, and their vocalizations differ between sex and age, allowing us to potentially estimate the population structure by Passive Acoustics Monitoring (PAM). Bearing this in mind, the objectives of this study are: 1) assess whether Amazonian manatees can be acoustically detected in nature through PAM; 2) determine, in captivity, if there is a relation between the number of acoustic detections and the number of individuals; and 3) verify if the number of acoustic detections in captivity increases in the breeding season, i.e. with the presence of calves. Recordings were held in captivity in 1998 and 2016, and in nature along the Amazon River Basin between June and July 2001 in Brazil and in July 2012 in Peru. The acoustic parameters of vocalizations recorded in nature are similar to those registered in captivity. Recordings in nature occurred after the birth period, so it is possible that the vocalizations are predominantly of lactating females and their calves. The use of playback for recordings in Brazil may have stimulated the vocal response of some individuals. It is possible to monitor populations of *T. inunguis* in nature through PAM, especially during and after the birth period. However, there was no significant relationship between the vocalizations and the number of individuals, but it was verified in captivity that the presence of calves increases the number of acoustic detections.

Keywords: bioacoustics; vocalization; manatee communication; behaviour; population estimate.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	5
2.1 OBJETIVO GERAL	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. METODOLOGIA	6
3.1 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS DA NATUREZA	6
3.2 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS DE CATIVEIRO	8
4. RESULTADOS	10
4.1 MONITORAMENTO ACÚSTICO PASSIVO	10
4.2 DETECÇÕES ACÚSTICAS EM CATIVEIRO	13
5. DISCUSSÃO	14
6. CONCLUSÃO	17
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
REFERÊNCIAS	18

1. INTRODUÇÃO

O peixe-boi da Amazônia *Trichechus inunguis* (Figura 1), é a única espécie da Ordem Sirenia restrita à água doce, cuja distribuição estende-se pela Bacia Amazônica, ocupando rios da Colômbia, Peru, Equador e Brasil (DOMNING, 1980; TIMM et al., 1984; ROSAS, 1994; REEVES et al., 1996). Sendo uma espécie totalmente herbívora que se alimenta de macrófitas aquáticas e semiaquáticas (ROSAS, 1994; MARSHALL et al., 2003; da SILVA, 2004), sua distribuição se dá principalmente pela disponibilidade desses alimentos (BEST, 1982, 1984; ARRAUT et al., 2005).

São considerados animais moderadamente solitários, que mesmo formando grupos em áreas de alimentação, mostram pouca interação com os outros indivíduos (HUSAR, 1977). Porém, há uma exceção: a espécie apresenta alto cuidado parental, com forte relação mãe-filhote que pode durar por mais de dois anos (ROSAS, 1994).



Figura 1. Peixe-boi da Amazônia, *Trichechus inunguis*. Fonte: Arquivo LMA/INPA.

O comportamento dos peixes-boi da Amazônia, é considerado críptico, ou seja, são animais “tímidos” que chegam na superfície rapidamente para respirar e logo estão submersos novamente (ROSAS & PIMENTEL, 2001). Este comportamento, associado com as águas turvas e a densa vegetação

das áreas, dificulta as tentativas de estudo dessa espécie em ambientes naturais (TIMM et al., 1986; ROSAS, 1994).

A turbidez da água onde vivem também influencia e impõe algumas restrições quanto à comunicação visual dessa espécie (CATO et al., 2006; MIKSIS-OLDS et al., 2007, DANTAS, 2009). Sendo assim, peixes-boi da Amazônia com sua grande acuidade auditiva (CHAPLA et al., 2007; LANDRAU-GIOVANNETTI et al., 2014), utilizam sinais acústicos como principal forma de comunicação, os quais também são de extrema importância para manter a coesão mãe-filhote (SOUSA-LIMA et al., 2002; DANTAS, 2009).

Sinais acústicos produzidos por mamíferos aquáticos podem transmitir diferentes mensagens, incluindo informações sobre a identidade do emissor e presença de possíveis predadores (SOUSA-LIMA, 1999; WOOD, 2010). Esses sinais vão formar a base da comunicação entre os indivíduos da espécie (SOUSA-LIMA et al., 2002). A maioria apresenta frequências entre 2 e 8 kHz e são de curta duração (EVANS & HERALD, 1970; SONODA & TAKEMURA, 1973; ROSAS, 1994; SOUSA-LIMA et al., 2002).

De acordo com Sousa-Lima (1999, et al. 2002) e Dantas (2008), *T. inunguis* apresenta diferenças nas vocalizações entre sexos e classes etárias. Fêmeas tendem a apresentar chamados com maior frequência fundamental e menor duração do que machos. Já os filhotes, vocalizam significativamente mais (4 a 8 vocalizações/minuto) do que indivíduos adultos (menos de 1 vocalização/minuto). Essa diferença em taxa de emissão ocorre também em fêmeas fora do período de lactação (0,139 vocalizações/minuto) e fêmeas lactantes (4,25 vocalizações/minuto).

Devido ao extenso cuidado parental e comunicação baseada em sons (SOUSA-LIMA et al., 2008), acredita-se que o reconhecimento vocal é importante para que as mães possam manter contato com seus filhotes. As evidências de que os indivíduos possuem assinatura vocal e se aproximam

mais dos sons de seus próprios filhotes, apoiam a hipótese do reconhecimento através das vocalizações (SOUSA-LIMA et al., 2002).

Peixes-boi da Amazônia vêm sendo comercialmente e localmente explorados para o consumo de sua carne, uso da gordura e do couro, desde meados do século 16 (DOMNING, 1982; BEST, 1984; TIMM et al., 1986; ROSAS, 1994). Mesmo sendo uma espécie protegida hoje em dia, o *T. inunguis* continua a ser ilegalmente caçado na Amazônia (ROSAS, 1994). Essa alta exploração combinada com a baixa taxa reprodutiva da espécie, reduziu significativamente a população de peixes-boi da Amazônia, sendo hoje considerada uma espécie vulnerável à extinção (IUCN, 2016).

Para contribuir com informações relevantes para a biologia da conservação, a utilização de métodos efetivos para a estimativa populacional é essencial para o manejo e conservação de espécies ameaçadas (LAIOLO, 2010). No entanto, como estudar uma espécie cujo comportamento e hábitat dificultam a aplicação de técnicas visuais? Metodologias acústicas têm sido desenvolvidas e aplicadas com sucesso no estudo de diferentes espécies de mamíferos aquáticos, como por exemplo baleias (*Hyperoodontidae* sp., *Megaptera novaeangliae*, *Physeter macrocephalus*; CLARK & CLAPHAM, 2004; MARQUES et al., 2009; ACKLEH et al., 2012), golfinhos (*Stenella* sp., *Delphinus* sp., *Tursiops truncatus*, *Steno bredanensis*, *Pseudorca crassidens*, *Globicephala macrorhynchus*, *Sotalia fluviatilis*; OSWALD et al., 2003; AZEVEDO & VAN SLUYS, 2005) e focas (*Phoca vitulina*; VAN PARIJS et al., 1999).

O Monitoramento Acústico Passivo (MAP) utiliza sons produzidos pelos próprios animais para fazer inferências sobre sua distribuição e ocorrência (MARQUEL et al., 2012), migração (CATO et al., 2006) e também para identificar seus comportamentos (ICHIKAWA et al., 2006). O conhecimento prévio sobre o comportamento vocal da espécie, no entanto, é extremamente necessário para analisar e classificar as detecções (CATO et al., 2006). Assim, determinar a presença da espécie seria a fase mais fácil do monitoramento populacional (WOOD, 2010).

Diversas vantagens de observações acústicas, comparadas às visuais, são discutidas por Ichikawa e colaboradores (2006), como por exemplo a possibilidade de detecção constante por longos períodos, incluindo monitoramento noturno.

Porém, com o MAP muitas vezes não é possível contar diretamente o número de animais presentes (MARQUES et al., 2012). Devido a isso, muitas vezes é acompanhado de algumas outras técnicas, nas quais os animais são contados em função da distância a certo local (CATO et al., 2006; WOOD, 2010; MARQUES et al., 2012), ou através da localização da fonte sonora baseada na “diferença do tempo de chegada” do sinal em cada hidrofone do arranjo (CATO et al., 2006; MUANKE & NIEZRECKI, 2007; MARQUES et al., 2012).

Mesmo que não se tenha informação sobre os tamanhos dos grupos gravados, a estimativa da densidade populacional ainda é possível (MARQUES et al., 2012). Para isso, acredita-se que o foco pode ser dado para a taxa de emissão e/ou identidade vocal dos indivíduos (LAIOLO, 2010). Assim, pode ser possível detectar mudanças no número de indivíduos na área que está sendo monitorada (ICHIKAWA et al., 2006)

Por ser uma espécie com baixa taxa reprodutiva, considerada vulnerável à extinção pela IUCN, e por apresentar comportamento que dificulta seu estudo na natureza, se faz necessário testar e entender diferentes metodologias de pesquisa não-invasivas que possam facilitar o monitoramento dessas espécie para fins de conservação. O Monitoramento Acústico Passivo é uma delas, e a partir do maior conhecimento dos padrões de vocalização de *Trichechus inunguis*, essa metodologia poderá ser aplicada com sucesso ao buscar diferentes respostas na natureza.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a aplicabilidade do método de Monitoramento Acústico Passivo em ambientes naturais para a detecção de peixes-boi da Amazônia (*Trichechus inunguis*), e analisar as vocalizações dessa espécie em cativeiro quanto às taxas de emissão em diferentes tamanhos de grupo e época reprodutiva.

2.2 Objetivos específicos

- Comparar parâmetros acústicos entre vocalizações obtidas na natureza e em cativeiro
- Determinar, em cativeiro, se há relação entre o número de detecções acústicas e o número de indivíduos
- Verificar se o número de detecções acústicas em cativeiro aumenta na época reprodutiva, ou seja, com a presença de filhotes

3. METODOLOGIA

3.1 Coleta e análise dos dados da natureza

As gravações foram realizadas em diversas localidades ao longo da Bacia do Rio Amazonas (Figura 2), tanto no Brasil quanto no Peru. No Brasil, foram realizadas amostragens no Rio Purus (3°41'35" S; 61°28'12" O) e no Lago Urini (2°43'60" S; 64°30'0" O), entre junho e julho de 2001 (ROSAS et al., 2003), enquanto no Peru foram feitas na Reserva Nacional Pacaya Samiria (5°15'00" S; 74°40'00" O), em Julho de 2012 pela "Operation Wallacea" (ROUNTREE, 2012). Nenhum indivíduo foi avistado durante os registros supracitados.

Para as gravações realizadas no Brasil, foram utilizados gravador Sony Walkman Pro (WM-D6C; frequência de resposta 40Hz-15kHz \pm 3dB), hidrofones omnidirecionais (modelo 50Ca; sensibilidade - 161dB re 1 μ Pa, e alcance de frequência 0,01-310kHz), fitas cassete TDK SA60 (tipo II) para o armazenamento dos dados, e um autofalante Oceanner (DRS-8; alcance de frequência 0,1-16kHz, ressonância do pico de frequência a 4,5kHz, 158dB re 1 μ Pa) submerso que reproduzia vocalizações obtidas em cativeiro.

Os registros que ocorreram no Peru foram oportunistas e realizados com o auxílio de um sistema de gravação SQ26-H1 (CRT; resposta de frequência a partir de 40kHz).

Todas as gravações foram analisadas no Software Raven Pro 1.4 (Cornell Lab of Ornithology) com espectrograma a 512 FFT. Os seguintes parâmetros acústicos foram obtidos: frequência fundamental de maior intensidade ($pf0_n$), variação da frequência fundamental (diferença entre valores máximo e mínimo da frequência fundamental = $\Delta f0_n$) e duração do sinal (Δt_n).

Adicionalmente, padrões de modulação da frequência e outros aspectos dos sinais acústicos registrados na natureza, foram reconhecidos por especialistas da área como sendo vocalizações de peixes-boi.

Para testar se os padrões de vocalização são diferentes daqueles obtidos em cativeiro, foi utilizado um teste t para comparar as médias (natureza x cativeiro) dos parâmetros acústicos supracitados. Além disso, os dados obtidos foram ordenados através de uma Análise de Componentes Principais (PCA) para verificar o nível de diferença entre os dados da natureza e os de cativeiro. Para a realização dos testes foi utilizado o programa estatístico R studio.

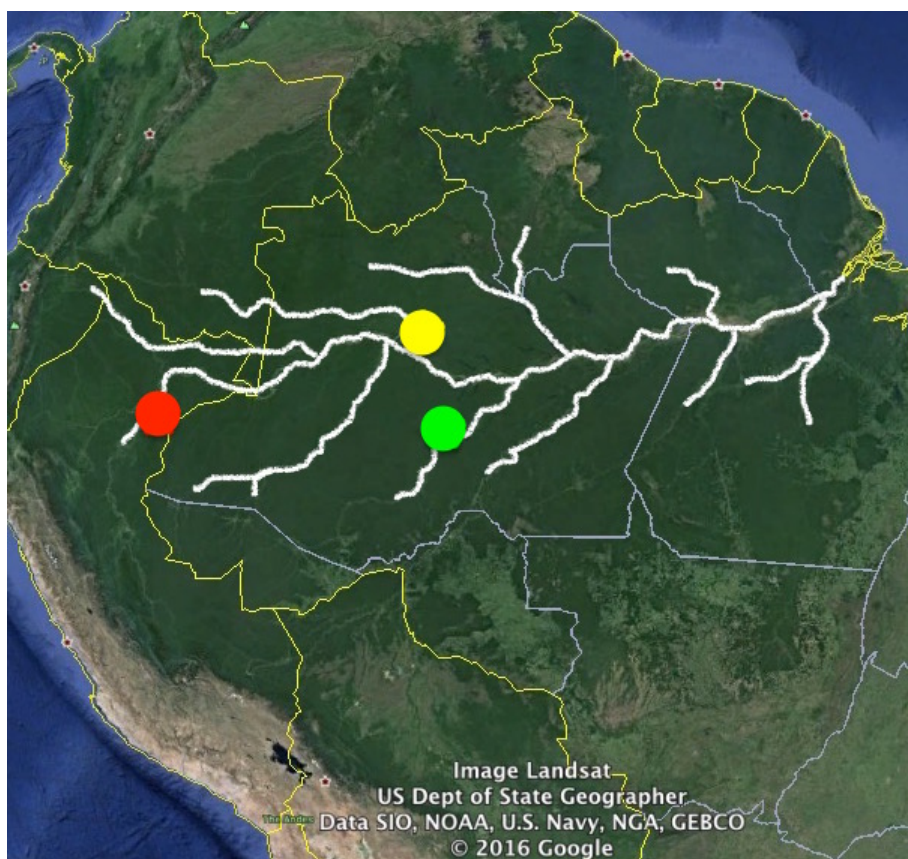


Figura 2. Localização dos pontos de realização de gravações de peixes-boi (*T. inunguis*) na Bacia Amazônica: Lago Urini ($2^{\circ}43'60''$ S; $64^{\circ}30'0''$ O) entre junho e julho de 2001 – ponto amarelo; Rio Purus ($3^{\circ}41'35''$ S; $61^{\circ}28'12''$ O) entre junho e julho de 2001 – ponto verde; e Reserva Nacional Pacaya Samiria ($5^{\circ}15'00''$ S; $74^{\circ}40'00''$ O) em julho de 2012 – ponto vermelho. Fonte: Google Earth.

3.2 Coleta e análise dos dados de cativeiro

Os dados de cativeiro utilizados nesse trabalho fazem parte da biblioteca acústica do Laboratório de Bioacústica (LaB) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e foram coletados em diferentes instituições que mantêm peixes-boi da Amazônia em cativeiro: Laboratório de Mamíferos Aquáticos do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (LMA-INPA), Centro de Preservação e Pesquisa de Mamíferos Aquáticos de Manaus Energia (CPPMA), e Parque Zoobotânico do Museu Paranaense Emílio Goeldi (MPEG).

As primeiras gravações foram realizadas entre agosto e setembro de 1998 por Sousa-Lima (1999) em todos os locais supracitados, com o auxílio de um gravador Sony Walkman Pro (WM-D6C; frequência de resposta 40Hz-15kHz \pm 3dB), hidrofones omnidirecionais (modelo 50Ca; sensibilidade - 161dB re 1 μ Pa, e alcance de frequência 0.01-310kHz), e fitas cassete TDK SA60 (tipo II) para o armazenamento dos dados. Em todas as sessões a identidade (sexo e faixa etária) e quantidade de indivíduos presentes nos tanques foram registrados.

Já em 2016, as gravações foram realizadas pelo Laboratório de Mamíferos Aquáticos no INPA, por meio de gravador M-Audio Microtrack II (frequência de resposta 40Hz-30kHz \pm 3dB e taxa de amostragem de 96kHz), hidrofone Reson TC4013 (sensibilidade 3dB re 1 μ Pa, e alcance de frequência 1Hz-170kHz) conectado ao amplificador Aquafeeler, e com cartão de memória Compact Flash para armazenar os dados. Sessões de gravação foram realizadas com diferentes indivíduos, estando eles isolados em diferentes tanques ou não (Figura 3). Novamente, a identidade e quantidade de indivíduos foram registrados.

As análises acústicas foram realizadas no Programa Raven Pro 1.4 (Cornell Lab of Ornithology), com espectrograma a 512 FFT, de modo visual e auditivo, a fim de contabilizar todas as vocalizações dos indivíduos gravados. Assumindo que a taxa de emissão das vocalizações não é homogênea ao

longo do dia, a média de detecções acústicas de cada gravação foi obtida. Além disso, os parâmetros acústicos já mencionados ($pf0_c$, $\Delta f0_c$ e Δt_c) também foram obtidos, a fim de utilizá-los para a comparação com os dados da natureza.

Buscando entender a relação do número de detecções com o número de indivíduos e a presença de filhotes, uma Análise de Covariância (ANCOVA) foi realizada no Programa R studio.



Figura 3. Tanques no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, onde os peixes-boi (*Trichechus inunguis*) ficam alojados. Fonte: Arquivo LMA/INPA.

4. RESULTADOS

Para uma melhor compreensão das análises, os resultados para gravações da natureza e de cativeiro estão separados. Assim, é possível ter uma melhor assimilação dos objetivos propostos e resultados.

4.1 Detecções acústicas na natureza

Foram registradas 114 vocalizações no Lago Urini , 166 no Rio Purus e 35 na Reserva Nacional Pacaya Samiria. Dentre tais detecções acústicas, foram selecionadas, para a extração dos parâmetros acústicos, aquelas que apresentavam boas condições para análise (alta razão sinal/ruído): 87 vocalizações das gravações realizadas no Brasil e 13 das realizadas no Peru. Tais vocalizações foram então comparadas com os dados obtidos em cativeiro (Figura 4).

Não houve diferença significativa (teste-t = 0,62; gl = 99; p = 0,54) entre os valores de frequência fundamental de maior intensidade (f_0) da natureza e os de cativeiro. Para os valores da variação da frequência fundamental (teste-t = -8,3; gl = 99; p < 0.001) e duração do sinal (teste-t = 14,5; gl = 99; p < 0.001), a diferença entre os dados de cativeiro e os da natureza é significativa.

A Análise de Componentes Principais (PCA) agrupou vocalizações obtidas no Brasil, tanto em cativeiro quanto na natureza, enquanto separou aquelas do Peru na natureza (Figura 5). Isso pode explicar a existência das diferenças obtidas entre os parâmetros analisados.

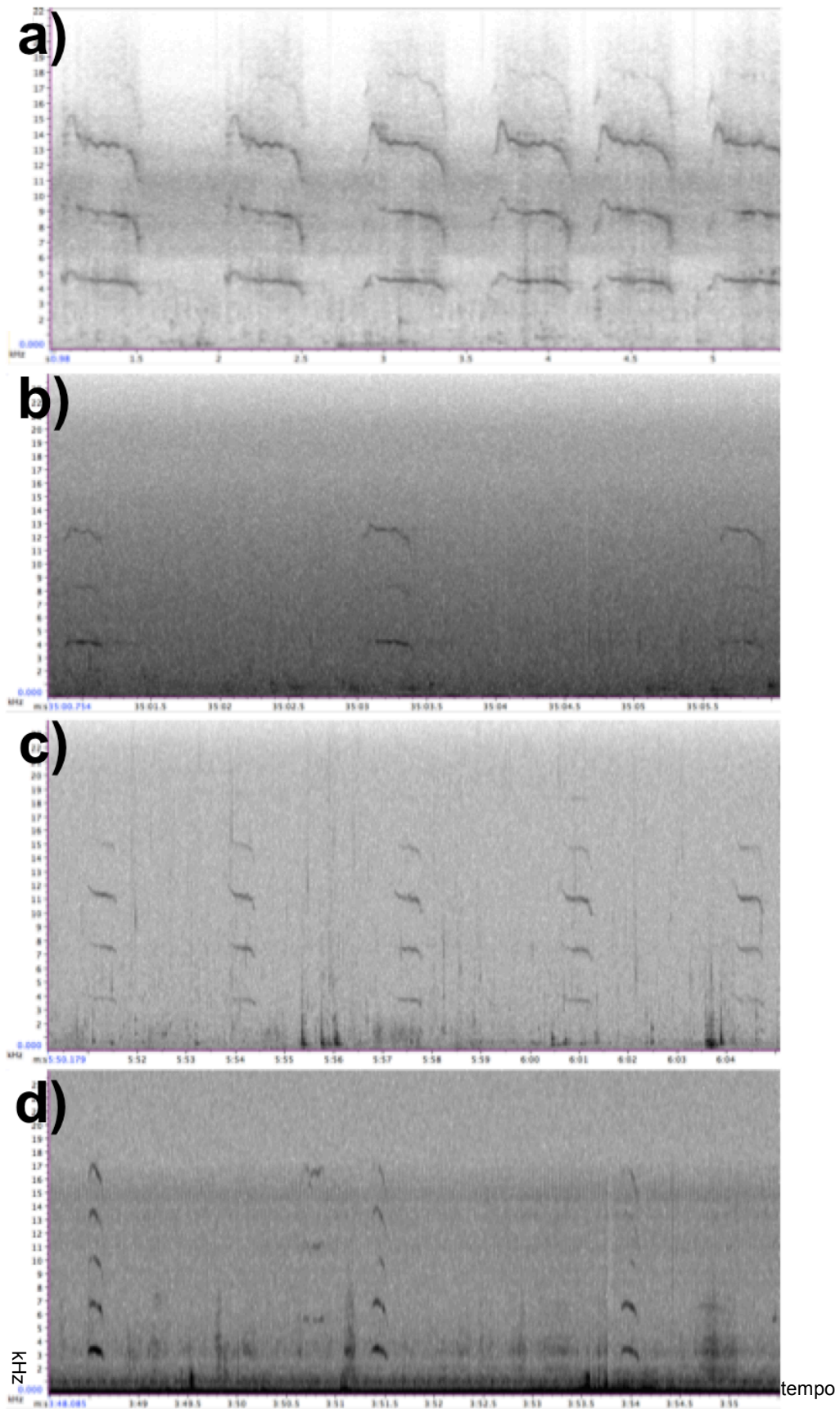


Figura 4. Espectrogramas (kHz por tempo) com exemplos de vocalizações do peixe-boi da Amazônia: (a) Lago Urini, (b) Rio Purus, (c) Reserva Nacional Pacaya Samiria (Peru), (d) em cativeiro (INPA).

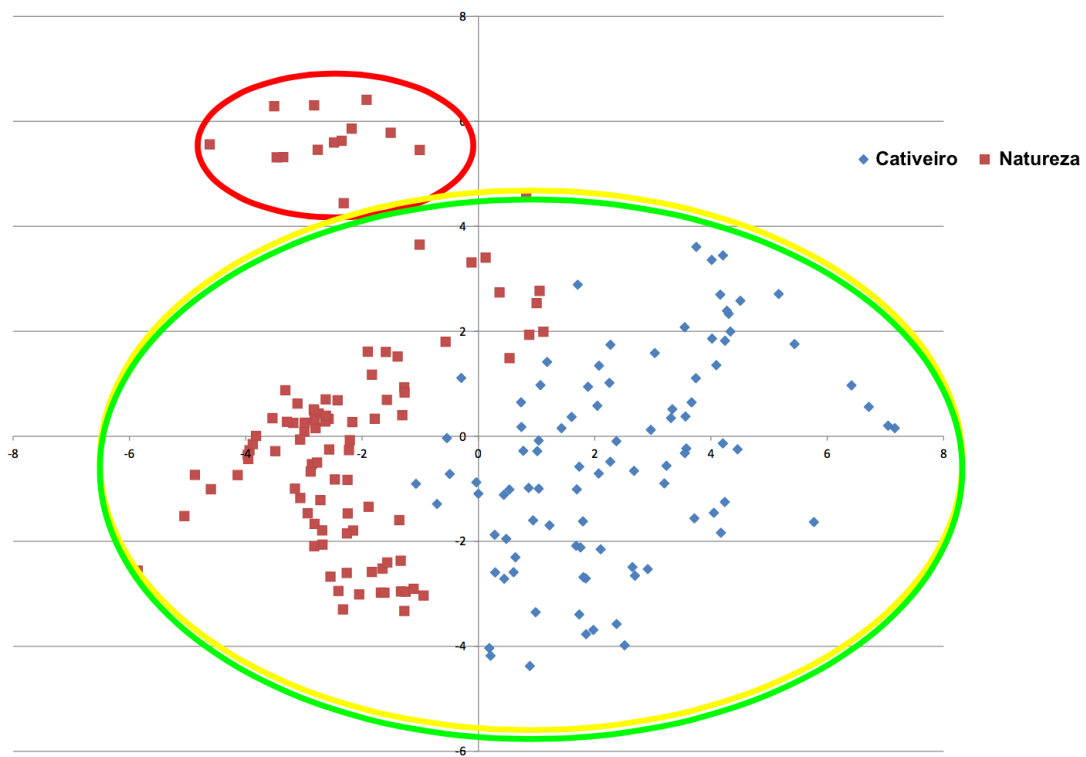


Figura 5. Gráfico da Análise de Componentes Principais (PCA) mostrando dois grupos principais: 1) circulado em vermelho, mostrando as vocalizações obtidas no Peru (natureza), e 2) circulado em verde e amarelo, mostrando as vocalizações obtidas no Brasil (cativeiro e natureza).

4.2 Detecções acústicas em cativeiro

O presente trabalho analisou de modo visual e auditivo um total de 29 gravações, encontrando cerca de 870 vocalizações. Como dito anteriormente, assumimos que a taxa de emissão das vocalizações não era homogênea ao longo do dia. Sendo assim, calculamos a média de detecções acústicas de cada gravação.

A hipótese de que há relação entre o número de detecções acústicas e o número de indivíduos não foi corroborada, pois o teste estatístico indicou que não há tal relação ($t = -0,31$; $gl = 28$; $p = 0,76$). No entanto, foi possível encontrar uma relação significativa entre o número de detecções e a presença de filhotes em cativeiro ($t = -2,6$; $gl = 28$; $p = 0,016$). Ou seja, na época reprodutiva, o número de vocalizações tende ser maior devido à presença de filhotes (Figura 6).

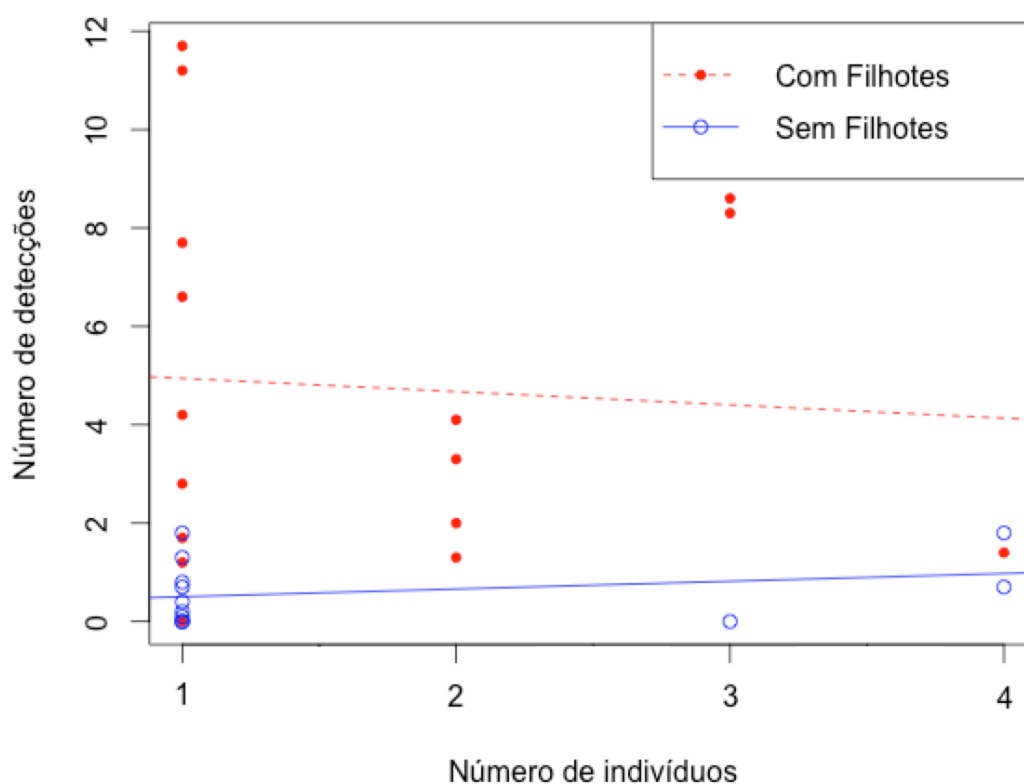


Figura 6. Relação entre o número de detecções acústicas e o número de indivíduos de *Trichechus inunguis* em cativeiro, com ou sem a presença de filhotes.

5. DISCUSSÃO

A variação geográfica em vocalizações já foram encontradas para diferentes espécies, como golfinhos nariz de garrafa (*Tursiops truncatus*; JONES & SAYIGH, 2002), baleias jubarte (*Megaptera novaeangliae*; CERCHIO et al., 2001), baleias cachalote (*Physeter macrocephalus*; WEILGART & WHITEHEAD, 1997), focas Weddell (*Leptonychotes weddelli*; THOMAS & STIRLING, 1983) e até mesmo para uma outra espécie de peixe-boi (*Trichechus manatus spp.*; NOWACEK et al., 2003).

Os dados obtidos na natureza, mesmo sendo identificados por especialistas como sendo vocalizações de peixes-boi, apresentaram algumas diferenças quando comparadas estatisticamente com dados obtidos em cativeiro. Tais diferenças podem ser explicadas pela variação geográfica dos dados. Observando o gráfico da PCA, é possível observar que os dados obtidos no Brasil formam um grande grupo, enquanto os dados do Peru ficam isolados. Além disso, diferenças acústicas intraespecíficas e a não emissão de vocalizações por todos os indivíduos presentes, podem ter tido influência sobre as diferenças encontradas.

Trichechus inunguis apresenta reprodução sazonal com picos de nascimento entre fevereiro e maio (BEST, 1982, 1984). Como nossos registros foram feitos logo após o período de nascimentos, sendo assim, é possível que a maioria dos indivíduos gravados sejam fêmeas lactantes e seus filhotes.

O uso do *playback* de vocalizações para a obtenção de respostas vocais na natureza pode ter estimulado alguns indivíduos que normalmente vocalizariam menos (adultos chegam a vocalizar menos de uma vez por minuto; SOUSA-LIMA et al., 2002; DANTAS, 2009), a vocalizar durante a amostragem. Portanto, a utilização de *playback* é recomendável em campanhas na natureza.

A identificação das fontes de sons biológicos vem ocorrendo mais frequentemente o longo dos anos, sendo assim, determinados sons podem

ser atribuídos a espécies em particular com alta confiabilidade (CATO et al., 2006). O conhecimento do comportamento vocal de *Trichechus inunguis*, neste caso, permitiu avaliar o uso do Monitoramento Acústico Passivo (MAP) na natureza.

O MAP funcionaria como alternativa para situações onde a visualização dos animais não é possível. Apresenta grande efetividade quando focamos em obter dados de presença e ausência, mas depende de informações adicionais para se poder estimar densidade local de peixes-boi da Amazônia.

Marques et al (2012), interessado na potencialidade da acústica passiva, disponibilizou em seu trabalho fluxogramas que auxiliam a tomada de decisões quanto a quais metodologias utilizar para estimar a densidade das espécies a partir de dados acústicos. Buscando então um direcionamento em seu trabalho, observamos que a metodologia utilizada para a obtenção e as características dos nossos dados não são suficientes para estimar a densidade de indivíduos e que seria então necessário estudar e testar diferentes novos métodos.

Diferenças acústicas individuais têm sido observadas em grande variedade de espécies (ADI et al., 2010). Com isso em vista, buscamos utilizar tais diferenças para acessar a densidade e estrutura das populações de peixes-boi da Amazônia. Há evidências de reconhecimento individual e consequente assinatura vocal em *T. inunguis* (SOUSA-LIMA et al., 2002). Porém, é preciso identificar acusticamente cada indivíduo (LAIOLO, 2010) e as funções das diferentes vocalizações (ICHIKAWA et al., 2006). Sendo assim, recorreremos para as análises em cativeiro para compreender o máximo possível do comportamento acústico da espécie e poder então extrapolar tal conhecimento para a natureza.

A hipótese supracitada não foi corroborada, mostrando que o número de detecções acústicas varia independentemente do número de indivíduos, provavelmente porque nem todos os indivíduos presentes estão vocalizando e os mesmos apresentam diferenças individuais nas taxas de emissão, como

já discutido por Sousa-Lima e colaboradores (2002) e Dantas (2009). Mesmo conhecendo as taxas médias de emissão para sexo e classe etária, esses valores mudam de indivíduo para indivíduo e caso uma vocalização sobreponha a outra durante a gravação, poderemos estar subestimando o número de indivíduos.

Nossos resultados confirmam os resultados relatados por Dantas (2009), de que tanto filhotes (4-8 vocalizações/minuto) quanto fêmeas lactantes (4,25 vocalizações/minuto) vocalizam mais do que outros indivíduos. Isso é explicado pela relação de dependência entre mãe e filhote, também já mencionada. Com a presença de ambos na época reprodutiva, haverá um maior número de detecções.

A taxa de emissão não é um caminho a se seguir para poder estimar a densidade da espécie na natureza. Acreditamos que há um grande potencial nas análises de identidade vocal para chegar-se a uma estimativa do número de indivíduos. Em geral, a metodologia aqui apresentada deve servir como base para futuros estudos de estimativa populacional de peixes-boi, sendo a avaliação da informação de identidade vocal nas detecções o próximo passo necessário a ser tomado, juntamente com técnicas visuais onde a distância e localização dos indivíduos possam ser estimados. Este trabalho contribuiu para o desenvolvimento de uma ferramenta de análise das populações de *Trichechus inunguis* na natureza.

6. CONCLUSÃO

Com este trabalho, podemos concluir que é possível detectar populações de peixes-boi da Amazônia na natureza através de métodos de acústica passiva, especialmente durante ou após o período de nascimento da espécie, onde o número de detecções acústicas será maior.

O conhecimento de apenas uma parte do comportamento acústico da espécie, no caso a taxa de emissão, não é suficiente para estimar a densidade de indivíduos. É preciso que futuros estudos se concentrem também em explorar a identidade vocal, para que a mesma seja utilizada na estimativa populacional dessa espécie.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Monitoramento Acústico Passivo é efetivo para obter dados de presença e ausência de espécies, mas o comportamento acústico das espécies precisa ser conhecido para que os dados coletados sejam corretamente analisados.

REFERÊNCIAS

ACKLEH, Azmy S. et al. 2012. **Assessing the deepwater horizon oil spill impact on marine mammal population through acoustics: Endangered sperm whales.** J. Acous. Soc. Am., v.131, n.3, p.2306-2314.

ADI, K.; JOHNSON, M.T.; OSIEJUK, T.S. 2010. **Acoustic censuring using automatic vocalization classification and identity recognition.** J. Acoust. Soc. Am., v.127, n.2, p.874-883.

ARRAUT, Eduardo M. et al. 2005. **Modelagem da distribuição espacial do peixe-boi amazônico *Trichechus inunguis* no Lago Grande de Curuai, PA, no período da cheia, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, INPE, p.2827-2834.

AZEVEDO, Alexandre F.; VAN SLUYS, Monique. 2005. **Whistles of tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Brazil: Comparisons among populations.** The Journal Of The Acoustical Society Of America, [s.l.], v. 117, n. 3, p.1456-1464. Acoustical Society of America (ASA).

BEST, R.C. 1982. **Seasonal breeding in the Amazonian Manatee, *Trichechus inunguis* (Mammalia: Sirenia).** Biotropica, v.4, n.1, p.76-78.

BEST, R.C. 1984. The Aquatic mammals and reptiles of the Amazon. *In*: Sioli, H.(Ed.), The Amazon. **Limnology and landscape of a mighty tropical river and its basin.** Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, Boston, Lancaster. Netherlands. p.371-412.

BEST, R.C. 1984. ***Trichechus inunguis*: Vulgo peixe-boi.** Ciência Hoje, v. 10, n. 2, p.66-72.

CATO, Douglas; McCAULEY, Robert; ROGERS, Tracey; NOAD, Michael. 2006. **Passive acoustics for monitoring marine animals – progress and challenges.** First Australasian Acoustical Societies' Conference, Acoustics

2006: Noise of Progress, p.453-461, Christchurch New Zealand.

CERCHIO, Salvatore; JACOBSENT, Jeff K.; NORRIS, Thomas F. 2001. **Temporal and geographical variation in songs of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*: synchronous change in Hawaiian and Mexican breeding assemblages.** Animal Behaviour, v.62, p.313-329.

CHAPLA, M.E.; NOWACEK, D.P.; ROMMEI, S. A.; SADLER, V.M. 2007. **CT scans and 3D reconstructions of Florida manatee (*Trichechus manatus latirostris*) heads and ear bones.** Hearing Research, v. 228, p.123–135.

CLARK, C.W.; CLAPHAM, P.J. 2004 **Acoustic monitoring on a humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) feeding ground shows continual singing into late Spring.** Proceedings of the Royal Society, v.271, p.1051-19057

da SILVA, V.M.F. 2004. O peixe-boi da Amazônia *Trichechus inunguis* (Sirenia: Trichechidae). In: Cintra, R. (coord.). **História Natural, ecologia e conservação de algumas espécies de plantas e animais da Amazônia.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, p.283-289.

DANTAS, G. A. 2009. **Ontogenia do Padrão Vocal Individual do Peixe-Boi da Amazônia *Trichechus inunguis* (Sirenia, Trichechidae).** Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior) – Biologia Tropical e Recursos Naturais, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. 71pp.

DOMNING, Darly P. 1980. **Distribution and status of manatees *Trichechus* spp. near the mouth of the Amazon River, Brazil.** Biological Conservation, v.19, p.85-97.

DOMNING, Darly P. 1982. **Commercial exploitation of manatees *Trichechus* in Brazil c.1785-1973.** Biological Conservatio, v.22, p.101-126.

EVANS, W.E.; HERALD, E.S. 1970. **Underwater calls of a captive Amazon manatee, *Trichechus inunguis***. Journal of Mammalogy, v. 51, n. 4, p.820-823.

HUSAR, S.L. 1977. ***Trichechus inunguis***. Mammalian Species, v. 72, p.1-4.

ICHIKAWA, Kotaro et al. 2006. **Dugong (*Dugong dugon*) vocalization patterns recorded by automatic underwater sound monitoring systems**. The Journal Of The Acoustical Society Of America, [s.l.], v. 119, n. 6, p.3726-3733. Acoustical Society of America (ASA).

JONES, Guenevere J.; SAYIGH, Laela S. 2002. **Geographic variation in rates of vocal production of free-ranging bottlenose dolphins**. Marine Mammal Science, v.18, n.2, p.374-393.

LAIOLO, Paola. 2010. **The emerging significance of bioacoustics in animal species conservation**. Biological Conservation, [s.l.], v. 143, n. 7, p.1635-1645. Elsevier BV.

LANDRAU-GIOVANNETTI,N.; MIGNUCCI-GIANNONI,A.A.; REINDENBERG, J.S. 2014. **Acoustical and anatomical determination of sound production and transmission in West Indian (*Trichechus manatus*) and Amazonian (*T. inunguis*) manatees**. The Anatomical Record, v.297, p.1896-1907.

MARSHALL, C.D. et al. 2003. **Orofacial morphology and feeding behaviour of the dugong, Amazonian, West African and Antillean manatees (mammalia: Sirenia): functional morphology of the muscular-vibrissal complex**. Journal of Zoology. v. 259, p. 245-260.

MARQUES, Tiago A. et al. 2009. **Estimating cetacean population density using fixed passive acoustic sensors: An example with Blainville's beaked whales**. The Journal Of The Acoustical Society Of America, [s.l.], v. 125, n. 4, p.1982-1994. Acoustical Society of America (ASA).

MARQUES, Tiago A. et al. 2012. **Estimating animal population density using passive acoustics**. *Biological Reviews*, [s.l.], v. 88, n. 2, p.287-309. Wiley-Blackwell.

MIKSIS-OLDS, Jennifer L. et al. 2007. **Noise level correlates with manatee use of foraging habitats**. *The Journal Of The Acoustical Society Of America*, [s.l.], v. 121, n. 5, p.3011-3020. Acoustical Society of America (ASA).

MUANKE, P.B.; NIEZRECKI, C. 2007. **Manatee position estimation by passive acoustic localization**. *J. Acoust. Soc. Am.*, v.121, n.4, p.2049-2059.

NOWACEK, Douglas P. et al. 2003. **Intraspecific and geographic variation of West Indian manatee (*Trichechus manatus* spp.) vocalizations**. *J. Acoust. Soc. Am.*, v.114, n.1, p.66-69.

OSWALD, Julie N.; BARLOW, Jay; NORRIS, Thomas F. 2003. **Acoustic identification of nine Delphinid species in the Eastern Tropical Pacific Ocean**. *Marine Mammal Science*, v.19, n.1, p.20-37.

REEVES, Randall R. et al. 1996. **Amazonia manatees, *Trichechus inunguis*, in Peru: distribution, exploitation and conservation status**. *Interciencia*, v.21, n.6, p.246-254.

ROSAS, F.C.W. 1994. **Biology, conservation and status of the Amazonian manatee *Trichechus inunguis***. *Mammal Rev*, v. 24, n. 2, p.49-59.

ROSAS, Fernando César Weber; PIMENTEL, Tatiana Lucena. 2001. Order Sirenia (Manatees, Dugongs, Sea Cows). In: FOWLER, Murray E.. **Biology, Medicine, and Surgery of South American Wild Animals**. Iowa: Iowa State University Press. Cap. 31. p. 352-362.

ROSAS, F. C. W., SOUSA-LIMA, R. S. & DA SILVA, V. M. F. 2003. Avaliação Preliminar dos mamíferos do baixo Rio Purus. In: DEUS, C. P., DA SILVEIRA, R. & PY-DANIEL, L. H. (Eds.). **Piagaçu-Purus: Bases**

Científicas para Criação de uma Reserva de Desenvolvimento Sustentável. Manaus, IDSM, p. 49-59.

ROUNTREE, R. A. 2012. **Listening to Fish Sounds in the Amazon.** Biodiversity Science Issue 5. Disponível em: <<http://www.biodiversityscience.com/2012/01/31/fish-sounds-in-the-amazon/>> Acesso em: 04/01/2013.

SONODA, S.; TAKEMURA, A. 1973. **Underwater sounds of the manatees, *Trichechus manatus manatus* and *T. inunguis* (Trichechidae).** Institute for Breeding Research, v. 4, p.19-23.

SOUSA-LIMA, R.S. 1999. **Comunicação Acústica em peixes-boi (Sirenia: Trichechidae): Repertório, Discriminação vocal e aplicações no manejo e conservação das espécies no Brasil.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 74pp.

SOUSA-LIMA, R.S.; PAGLIA, A.P.; DA FONSECA, G.A.B. 2002. **Signature information and individual recognition in the isolation calls of Amazonian manatees, *Trichechus inunguis* (Mammalia: Sirenia).** Animal Behaviour, v.63, p.301-310.

SOUSA-LIMA, Renata S.; PAGLIA, Adriano P.; FONSECA, Gustavo A. B. da. 2008. **Gender, Age, and Identity in the Isolation Calls of Antillean Manatees (*Trichechus manatus manatus*).** Aquatic Mammals Journal, [s.l.], v. 34, n. 1, p.109-122.

The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015-4. ***Trichechus inunguis*.** Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 03/04/2016.

THOMAS, Jeànette A.; STIRLING, Ian. 1983. **Geographic variation in the underwater vocalizations of Weddell seals (*Leptonychotes weddelli*) from Palmer Peninsula and McMurdo Sound, Antarctica.** Canadian Journal of Zoology, v.61, n.10, p.2203-2212.

TIMM, Robert M; ALBUJA, Luis V.; CLAUSON, Barbara L. 1986. **Ecology, distribution, harvest and conservation of the Amazonian manatee *Trichechus inunguis* in Ecuador.** Biotropica, v.18, n.2, p.150-156.

VAN PARIJS, Sofie M.; HASTIE, Gordon D.; THOMPSON, Paul M. 1999. **Geographical variation in temporal and spatial vocalization patterns of male harbour seal in the mating season.** Animal Behaviour, v.58, p.1231-1239.

WEILGART, Linda; WHITEHEAD, H. 1997. **Group-specific dialects and geographical variation in coda repertoire in South Pacific sperm whales.** Behavioral Ecology and Sociobiology, v.49, n.4, p.277-285.

WOOD, Jason D. 2010. **Marine Mammal Species Conservation: a review of developments in the uses of acoustics.** Journal of International Wildlife Law & Police, v. 13, p.311-325.