



Lana Resende de Almeida

***LONTRA LONGICAUDIS* (OLFERS, 1818): REVISÃO DO
CONHECIMENTO EXISTENTE E ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA
QUALIDADE DA ÁGUA SOBRE A SUA OCORRÊNCIA NA BACIA DO RIO
DOS SINOS, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal,
Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito
parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.

Área de concentração: Biodiversidade.

Orientador: Prof.^a. Dr^a Maria João Ramos Pereira.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PORTO ALEGRE

2017

Lana Resende de Almeida

***LONTRA LONGICAUDIS* (OLFERS, 1818): REVISÃO DO
CONHECIMENTO EXISTENTE E ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA
QUALIDADE DA ÁGUA SOBRE A SUA OCORRÊNCIA NA BACIA DO RIO
DOS SINOS, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do grau de
Mestre em Biologia Animal.

Aprovada em 20 de Fevereiro de 2017.

Orientador: Dr^a. Maria João Ramos Pereira

Banca Examinadora:

Dr^a. Cristine Silveira Trinca – Pontifícia Universidade Católica Rio Grande do
Sul.

Dr. Manoel Rodrigues Fontoura – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Dr. Nuno Pedroso – Centro de Energia Nuclear na Agricultura - Universidade de
São Paulo.

*Dedico este trabalho a todas as
vidas humanas e não humanas
perdidas em Mariana, Minas
Gerais, Brasil.*

*“Você é o único
representante do seu sonho
na face da Terra.*

*Se isso não fizer você correr,
chapa.*

Eu não sei o que vai. ”

(Emicida)

AGRADECIMENTOS

“Foi um rio que passou em minha vida e meu coração se deixou levar” –
Paulinho da Viola

Eu que sempre fui do mar, hoje sou Rio. De Janeiro, do Grande do Sul. De gratidão.

De minhas nascentes, devo toda a ousadia e coragem. Para iniciar uma pesquisa do zero em outro estado, um trabalho com lontras. Um sonho que almejo desde a graduação que não seria possível sem a compreensão e apoio familiar incondicional.

À Mãe Natureza agradeço toda a transformação de minhas pequenas poças desajeitadas em leito forte, mais seguro e disciplinado. De fato a Natureza ensina, com franqueza, dedicação e generosidade. Inspira, quando se trata das mais impossíveis reviravoltas, como durante esse projeto. Ela está sempre a cuidar e nos conduzir. Mesmo quando parecemos à deriva, basta confiar. Minhas águas não seriam tão límpidas sem seus conselhos, meu trabalho não seria realidade sob outros olhares que não fossem os seus. Obrigado.

Das margens - aquilo que segura em todo o trajeto:

Agradeço aos Quatis. Por serem minha alegria, meu abrigo, amigos e biólogos admiráveis. E contribuírem tanto para este trabalho.

Sou imensamente grata ao pequeno gigante afluente que me ajudou a construir este trabalho. Obrigado por secar todas as águas que não eram bem de meu curso, quando transbordaram as emoções e receios. Obrigado por me ensinar tanto nesses dois anos, por segurar essa barra que é gostar de mim e me dar a honra dessa irmandade. Nos rios muitas águas passarão, nós, Passarinho.

A confluência, a junção entre dois rios para formar um novo, é como formar uma família. E família significa nunca ser deixado para trás ou ser abandonado. Assim, agradeço a esse novo rio que a vinda atrás das lontras me presenteou. Agradeço por todo o suporte de campo, profissional, financeiro e emocional nessa etapa da minha carreira. Obrigado por acreditar na bióloga que eu sou, admirar o que eu faço e me incentivar incansavelmente. Muito obrigado por ser um cientista crítico, um parceiro de aventuras biológicas, meu melhor amigo, meu amor. Obrigado pela confiança mútua.

Hoje eu sou rio, rio que desagua esperança e gratidão.

A todos aqueles da Universidade Federal do Rio Grande do Sul que contribuíram nesse trabalho e que me acolheram com a benevolência de águas tranquilas. Obrigado.

Ademais, agradeço a CNPq por fomentar essa pesquisa através de minha bolsa de Mestrado.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| AGRADECIMENTOS | 5 |
| SUMÁRIO | 7 |
| LISTA DE FIGURAS | 8 |
| LISTA DE TABELAS | 8 |
| ABSTRACT | 11 |
| CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL | 14 |
| Ecossistemas aquáticos continentais | 14 |
| Bacia do Rio dos Sinos..... | 17 |
| Introdução à Qualidade da água: definições, índices e fatores associados..... | 19 |
| Por que estudar lontras? | 22 |
| O conhecimento sobre lontra Neotropical..... | 23 |
| <i>Estudos sobre lontra Neotropical no Rio Grande do Sul</i> | 24 |
| <i>Relevância de avaliar a influência da qualidade da água sobre a lontra Neotropical</i> | 25 |
| JUSTIFICATIVA..... | 26 |
| OBJETIVOS | 26 |
| LITERATURA CITADA..... | 27 |
| CAPÍTULO II - Ecology and biogeography of the Neotropical Otter <i>Lontra longicaudis</i> : existing knowledge and open questions. | 36 |
| CAPÍTULO III - Influence of the water quality on the occurrence of the Neotropical otter (<i>Lontra longicaudis</i>) (Olfers, 1818) in a human-altered river basin. | 60 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 90 |
| ANEXOS..... | 92 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Fig 1 Regiões Hidrográficas do Brasil. Em destaque, Regiões Hidrográficas que abrangem o Estado do Rio Grande do Sul (RH Rio Uruguai - verde; RH Atlântico Sul – lilás). Em azul, localização da Bacia do Rio dos Sinos..... | 17 |
| Fig 2 Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos e enquadramento de seus cursos d'água através do Índice de Qualidade da Água – ANA 2012 (Verde- Classe 1; Amarelo-Classe 2; Laranja - Classe 3; Vermelho - Classe 4;em cinza - não há informações sobre enquadramento) | 19 |
| Fig 3 Enquadramento das águas superficiais brasileiras e uso humano permitido. Fonte: ANA (2011)..... | 21 |
| Fig 4 General aspects of the Neotropical Otter morphology, ecology and distribution. | 42 |
| Fig S1 Photographs used during the interviews to check the correct identification of <i>L. longicaudis</i> by the residentes (A. <i>Phoca vitulina</i> ; B. <i>Didelphis albiventris</i> ; C. <i>Lontra longicaudis</i> ; D. <i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>) | 89 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Table 1 Global Model generated by GLM | 67 |
| Table 2 Results of AICc by GLM Models. Class- Water quality Class; Flow- Intensity of the flow; Rpf – Intensity of riparian forest; Canopy – Canopy cover; Month - Sampling month..... | 67 |
| Table 3 Best model generated by GLM..... | 68 |
| Table S1 Pontos de Amostragem | 78 |
| Table S2 All 30 models of GLM..... | 78 |

RESUMO

A sobre-exploração humana tem causado uma degradação generalizada e perturbação dos ecossistemas de água doce, os mais ameaçados do mundo. A bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, no estado do Rio Grande do Sul, é considerada uma das mais poluídas do Brasil. Seus cursos d'água estão sob diferentes graus de influência antrópica, bem como seus organismos dependentes. A lontra Neotropical é um mustelídeo semiaquático ameaçado por toda a sua área de distribuição continental onde há conhecimento. Embora a lontra seja um importante organismo para avaliar a qualidade ambiental por apresentar alguma tolerância a ambientes antropizados, pouco se sabe sobre seu status de conservação. Sua biologia, ecologia, comportamento e aspectos populacionais ainda são pouco conhecidos. Considerando isso, uma síntese de aspectos ecológicos e biológicos de *Lontra longicaudis* foi realizada através de extensa revisão bibliográfica. Além disso, foi avaliada a influência da qualidade da água em regiões com diferentes níveis de influência antrópica, bem como a estrutura da vegetação nas margens de rios, a sazonalidade e a velocidade da correnteza nos rios sobre a ocorrência de *L. longicaudis*. O componente experimental deste projeto foi realizado com base em amostragens mensais de material biológico não invasivo em 16 diferentes regiões da bacia do Rio dos Sinos no Rio Grande do Sul, ao longo de 2015. Ademais, foram realizadas entrevistas com moradores como método complementar para confirmar a presença da espécie. Nove novas áreas de registro de *L. longicaudis* foram confirmadas para o estado. A ocorrência de lontra foi modelada através de modelos lineares generalizados. Áreas com água de melhor qualidade (classes 2 e 3) apresentaram significativamente mais registros que áreas com água de qualidade inferior (classe 4). Adicionalmente, quer a correnteza, quer a época do ano também se mostraram relevantes para explicar os

padrões de ocorrência da espécie. Em conclusão, a lontra Neotropical, assim como outros mamíferos semi-aquáticos poderão ser utilizados como bioindicadores de qualidade ambiental, especialmente em ambientes antropizados. No futuro, outras variáveis tais como a fisionomia e estágio de sucessão ecológica da vegetação das margens deverão ser considerados para explicar os padrões de ocorrência de lontra, no sentido de contribuir, de forma mais suportada, para a definição de medidas para a sua conservação.

Palavras-chave: conservação, IQA, mustelídeos, Rio dos Sinos, semiaquático.

ABSTRACT

Human overexploitation has caused the generalized degradation and disturbance of freshwater ecosystems, the most threatened in the world. The Sinos river basin in Rio Grande do Sul state is considered one of the most polluted in Brazil. Watercourses in this basin are under different degrees of anthropogenic influence, as well as all the organisms that depend on that water. The Neotropical otter is a semiaquatic mustelid threatened across its entire distribution area. While the otter is an important organism to evaluate environmental quality due to its intermediate tolerance to modified environments, little is known about its conservation status. Neotropical otter biology, ecology, behaviour and population aspects are still scarcely known. With this in mind, a synthesis of the ecological and biological aspects of *Lontra longicaudis* was done by means of literature revision. The effect of water quality in regions with distinct levels of anthropogenic influence, as well as vegetation structure, seasonality and flow velocity on otter occurrence was evaluated. The experimental component of this project was made based on monthly samplings of non-invasive biological material in 16 different regions of the Sinos river basin in Rio Grande do Sul in 2015. Moreover, interviews with local residents were made as a complementary method to confirm the species presence. Nine new areas of occurrence were detected in the state. Otter occurrence was modelled through generalized linear models. Areas with water of better quality (classes 2 and 3) presented significantly higher records than areas with water of lower quality (class 4). Additionally, both flow and season were also relevant in explaining the patterns of occurrence of the species. In conclusion, the Neotropical otter, as well as other semiaquatic mammals may be used as bioindicators of environmental quality, especially in human-altered environments. In the future, other parameters such as the

physiognomy and the stage of ecological succession of the vegetation should be taken into consideration to explain patterns of otter occurrence, as a means to contribute, in a more sustained way, to the definition of conservation measures for the species.

Keywords: conservation, IQA, mustelids, River Sinos, semi-aquatic.

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta Dissertação é composta por uma Introdução Geral (Capítulo I) que visa apresentar a temática desenvolvida na presente pesquisa contextualizando suas questões centrais e objetivos específicos, fatores em análise bem como o organismo modelo e sua biologia. Na sequência da Introdução Geral são apresentados dois capítulos no formato de artigo, que representam o desenvolvimento deste Projeto de Mestrado: o primeiro artigo resulta de uma pesquisa teórica sobre biologia, ecologia e biogeografia de *Lontra longicaudis* intitulado “Ecology and biogeography of the Neotropical otter *Lontra longicaudis*: existing knowledge and open questions”. Este artigo de revisão foi submetido ao periódico Mammal Research indexado a Acta Therologica (Qualis B1) em 30 de Novembro de 2016 (Anexo I). O segundo artigo resulta de dados empíricos de ocorrência de lontra Neotropical e de potenciais variáveis explicativas desta ocorrência, coletados na bacia do Rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul, Brasil e intitula-se “Influence of the water quality on the occurrence of the Neotropical otter (*Lontra longicaudis*) (Olfers, 1818) in a human-altered river basin” que será submetido a um periódico indexado no primeiro semestre do ano corrente. Uma vez que o periódico ao qual será submetido este trabalho não foi ainda definido, e por uma questão estética, a sua formatação segue as mesmas regras do capítulo precedente, nomeadamente as regras editoriais da Mammal Research (www.springer.com/life+sciences/animal+sciences/journal/13364?detailsPage=pltc1320408).

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL

Ecossistemas aquáticos continentais

O planeta Terra é coberto em aproximadamente 70% por água. Desta apenas 2,5% é de água doce concentrada principalmente nas calotas polares ou armazenado em aquíferos pelo mundo. Somente 0,01% da água doce está disponível em lagos, lagoas, rios e pantanais que compõe as bacias hidrográficas (Silk & Ciruna 2005; Strayer & Dudgeon 2010).

Estes sistemas conferem uma proporção extraordinariamente elevada da biodiversidade mundial, abrigando pelo menos 126 mil espécies, ou cerca de 12% de todas as espécies descritas no mundo (Harrison et al. 2016). Além disso, novas espécies de água doce são descritas a cada ano, principalmente devido à presença de espécies confinadas em pequenas áreas, acarretando alto grau de endemismo. Conseqüentemente, uma maior riqueza de espécies proporcional à superfície ocupada em relação a ambientes marinhos e terrestres é reconhecida em ambientes de água doce (Groombridge & Jenkins 1998, Dudgeon et al. 2006; Collen et al. 2014).

Embora a riqueza ímpar e endemismo elevado, os ecossistemas de água doce são os mais ameaçados do mundo (Dudgeon et al. 2006; Abell et al. 2008; Collen et al. 2014). Com efeito, devido às suas próprias necessidades de água doce, a maioria das ocupações humanas foi estabelecida, desde tempos primordiais, ao longo de cursos de água doce. O crescimento dessas populações humanas, o aumento exponencial do consumo e o crescente de número de represas, retiradas de água, e a poluição dos cursos d'água resultante de diversas atividades agrícolas e industriais têm causado uma degradação generalizada e perturbação nesses sistemas naturais (Dudgeon et al. 2006; Silk & Ciruna 2005; Abell et al. 2008; Vörösmarty et al. 2010). Uma proporção cada vez maior de espécies e habitats de água doce vem sendo perdida em relação a

ecossistemas terrestres ou oceânicos (Dudgeon et al. 2006; Silk & Ciruna 2005). Conseqüentemente, taxas alarmantes de extinção e ameaças à biodiversidade são consideradas para esses ambientes (Harrison et al. 2016). Cerca de 20% de insetos que possuem estado larval em água doce estão em sob algum grau de ameaça bem como 35% de espécies de peixes restritos a esses ambientes. Entre os mamíferos, 57% das espécies de golfinhos de água doce e 70% das 13 espécies de lontra também estão em perigo (Silk & Ciruna 2005).

O delineamento de ecorregiões de ecossistemas aquáticos apresenta-se como um ponto de partida para o planejamento da conservação desses ambientes e seus organismos dependentes (Abell et al. 2008). No entanto, lacunas de dados abrangentes e sintetizados sobre as distribuições de espécies e limitações na esfera geográfica das pesquisas recorrentes, geralmente relacionadas a unidades de bacia hidrográfica ou região, ainda tornam o conhecimento impreciso e pouco integrado.

Na região Neotropical cerca de 85% dos ecossistemas de água doce estão em condições vulneráveis ou críticas (Silk & Ciruna 2005). O Brasil abrange 12% da água doce superficial do mundo, em 12 Regiões Hidrográficas. (ANA 2012; Fig 1). Estas estão inseridas entre as 51 ecorregiões de água doce do continente sul-americano – considerado o mais úmido do planeta (Abell et al. 2008).

Globalmente a poluição e a eutrofização, bem como a construção desenfreada de barragens e o ineficiente controle de cheias são as principais causas do declínio da biodiversidade em ecossistemas aquáticos continentais, e o Brasil não é exceção a este padrão (Marengo et al. 2017). Além disso, o tratamento inadequado de esgotos – menos de 30% das águas residuais sofrem algum tipo de tratamento – compromete a qualidade dos recursos hídricos em todas as regiões do Brasil (Agostinho et al. 2005).

O estado do Rio Grande do Sul situa-se em três ecorregiões de ecossistemas de águas continentais – Laguna dos Patos, Mampituba e Rio Uruguai. Abrangendo duas regiões hidrográficas brasileiras: a do Rio Uruguai e do Atlântico Sul (FEPAM 2016 - Fig 1). A primeira destas regiões inclui, além da parte brasileira, extensas áreas nos territórios da Argentina e do Uruguai e apresenta grande importância para o Brasil em função desta integração com outros países do MERCOSUL, das atividades agroindustriais desenvolvidas e seu potencial hidrelétrico (ANA 2012). Já a Região Hidrográfica do Atlântico Sul destaca-se pela alta densidade populacional e pelo desenvolvimento econômico. Apesar de atividades como a mineração e a agropecuária, principalmente associadas com a rizicultura, à suinocultura e a avicultura, possuem papel importante na economia do estado, os impactos resultantes do consumo de água para irrigação dessas atividades, em particular assoreamento e elevadas concentrações de poluentes, comprometem a qualidade ambiental de suas bacias hidrográficas (ANA 2012).

Além disso, a expansão do diversificado parque industrial na região metropolitana da capital do estado, Porto Alegre, evidencia degradação preocupante dos ecossistemas dulcícolas continentais nessas regiões, sendo reforçada ainda pelo despejo de esgotos domésticos e resíduos sólidos urbanos que avança com o crescimento populacional e o desenvolvimento do turismo na região litorânea, em épocas de veraneio (ANA 2012; COMITESINOS 2015).

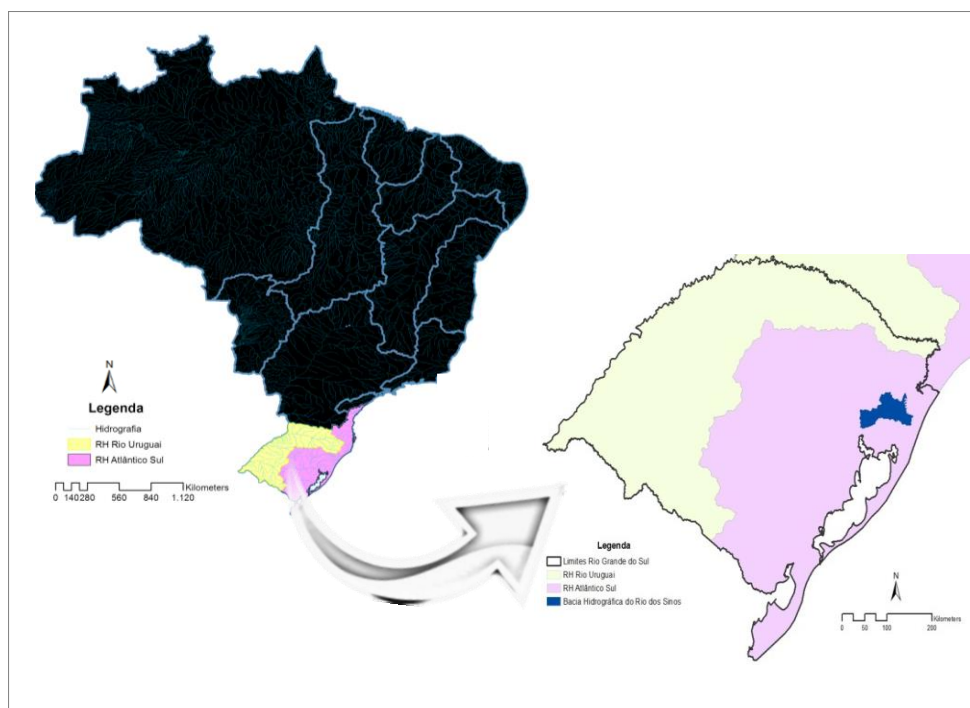


Fig 1 Regiões Hidrográficas do Brasil. Em destaque, Regiões Hidrográficas que abrangem o Estado do Rio Grande do Sul (RH Rio Uruguai - verde; RH Atlântico Sul – lilás). Em azul, localização da Bacia do Rio dos Sinos

Bacia do Rio dos Sinos

A bacia hidrográfica do Rio dos Sinos está localizada na Região Hidrográfica do Atlântico Sul, nordeste do estado do Rio Grande do Sul ($29^{\circ} 20' - 30^{\circ} 10'S / 50^{\circ} 15' - 51^{\circ} 20' O$) (Fig 1; 2). Considerada umas das bacias mais poluídas do Brasil, a área total da bacia é de 3.820 km^2 correspondendo a 1,5% da área total do estado (ANA 2007; COMITESINOS 2015; FEPAM 2016). Originada por duas províncias geomórficas – o Planalto do Sul e a Depressão Central – ela estende-se desde a Serra Geral no Leste, até à Bacia do Rio Caí, no Oeste e Norte, e à Bacia do Rio Gravataí, no Sul (FEPAM 2016). Atualmente, a cobertura vegetal da bacia é reduzida a remanescentes florestais,

predominantemente nas nascentes do rio dos Sinos e dos riachos que a formam. O solo na região é formado por solos de argila vermelha distrófica originada de arenito pertencente à formação de Botucatu (Streck et al. 2008).

A bacia hidrográfica do Rio dos Sinos está entre as mais populosas do estado do Rio Grande do Sul com uma população aproximada de 975.000 habitantes, sendo que 90,6 % ocupam as áreas urbanas e 9,4 % estão nas áreas rurais (FEPAM 2016). A colonização europeia que ocorreu do século XIX até a década de 1940 foi responsável pela ocupação de suas terras baixas e encostas causando mudanças nas características das áreas naturais, onde florestas foram substituídas por áreas rurais e, mais tarde, pela intensificação urbana (Franz et al. 2010).

A região apresenta atualmente produção industrial diversificada: calçados e couro, mecânica e metalurgia, turismo e hospitalidade, onde as porções mais baixas da bacia de drenagem estão sob pressão antrópica devido ao crescimento do maior parque industrial do estado. A poluição da água resultante de esgotos domésticos e industriais sem tratamento – refletindo o grande déficit de saneamento básico da sua população ribeirinha – é uma relevante ameaça aos ecossistemas dulcícolas e costeiros pelo altos níveis de coliformes fecais (Blume et al. 2010).

A bacia hidrográfica do Rio dos Sinos compõe a Bacia Hidrográfica do Guaíba considerada uma das mais poluídas do Brasil. O Rio dos Sinos apresenta um histórico de ocorrência de mortandades de peixes de diversas magnitudes, tendo seu ápice conhecido em agosto de 2006, com um total de 100 toneladas de diversas espécies de peixes (Paulino 2014).

A toxicidade das águas desta bacia é comprovada para inúmeros organismos como plantas, invertebrados, peixes e inclusive camundongos onde, a partir de testes de

exposição, foram observados efeitos hepatotóxicos celulares (Feiden & Terra 2009; Rechenmacher et al. 2010; Scalon et al. 2010).

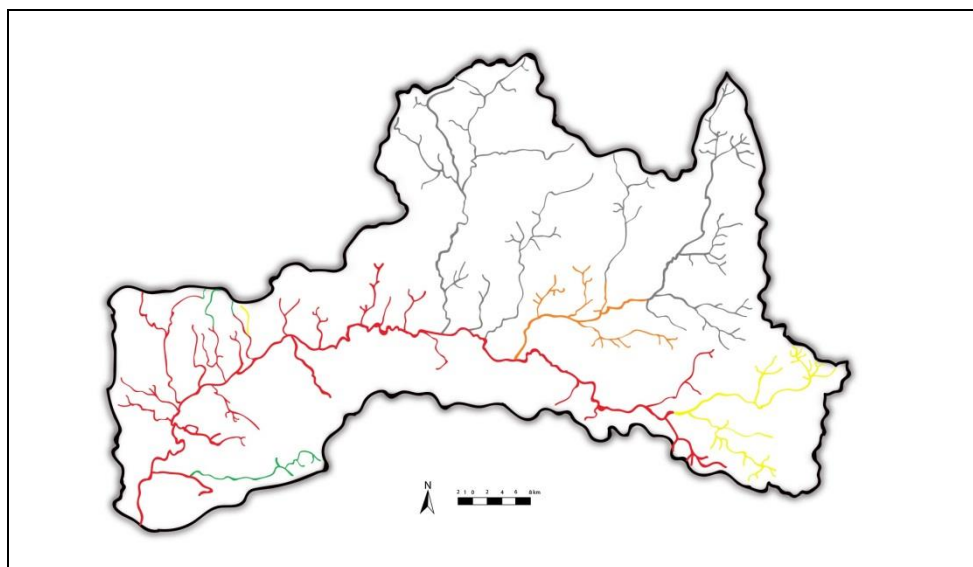


Fig 2 Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos e enquadramento de seus cursos d'água através do Índice de Qualidade da Água – ANA 2012 (Verde – Classe 1; Amarelo – Classe 2; Laranja – Classe 3; Vermelho – Classe 4; em cinza – sem informações de enquadramento)

Introdução à Qualidade da água: definições, índices e fatores associados.

A qualidade da água é resultante de condições e fenômenos naturais como o escoamento superficial e pela infiltração do solo causada pela precipitação, o aporte de matéria orgânica depositada sob influência da cobertura e composição do solo e da vegetação (Goulart & Callisto 2003); resulta ainda da interferência antrópica, tais como o despejo de resíduos industriais, agrícolas e domésticos, irrigação, assoreamento e desflorestamento das margens dos cursos desde sua nascente à jusante, concentrando e acumulando poluentes (Von Sperling 1996).

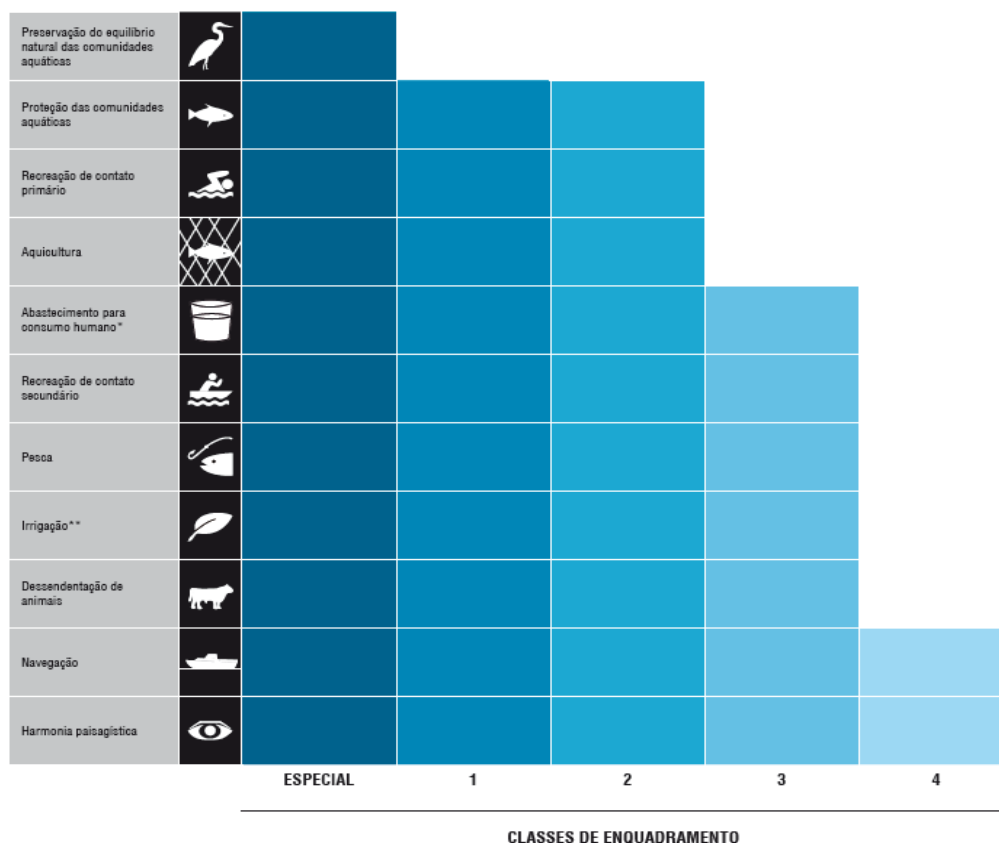
A definição de índices de qualidade da água é ferramenta fundamental na classificação e enquadramento de rios e córregos dentro de padrões de potabilidade e balneabilidade humanas, para além de ser relevante na avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos através de sistemas de monitoramento (Goulart & Callisto 2003; Junior & Simoura 2016).

A preservação da qualidade das águas de um determinado rio parece ser influenciada pela manutenção da cobertura florestal adjacente. Áreas florestadas não perturbadas apresentam melhores condições de proteção dos recursos hídricos; com efeito, bacias com maiores percentuais de cobertura florestal nativa tendem a estar associadas à água de melhor qualidade e com menores custos de tratamento (Junior & Simoura 2016).

No Brasil, a qualidade da água é medida através de um Índice de Qualidade da Água (IQA) baseado no índice desenvolvido pela National Sanitation Foundation, que fornece um único número (como um grau) que expressa a qualidade global da água em um determinado local e tempo (FEPAM 2016 – Fig 2). Propriedades físicas e químicas da água como pH, temperatura, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), concentrações de oxigênio dissolvido, nitrato e fosfato bem como variáveis microbiológicas (coliformes termotolerantes totais e fecais) são avaliadas (Blume et al. 2010). Cada variável apresenta seus próprios limiares exercendo um significado ambiental em resposta à influência antrópica direta na integridade da bacia hidrográfica (Junior & Simoura 2016).

A Agência Nacional das Águas (ANA) através do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA visa ampliar o conhecimento sobre a qualidade das águas superficiais no Brasil, bem como compilar dados para incentivar políticas públicas para a recuperação da qualidade ambiental em corpos d'água

interiores como rios e reservatórios. Esta entidade é a responsável por integrar as informações dos órgãos estaduais responsáveis pelos recursos hídricos de cada estado e enquadrar – em cinco classes de qualidade – as águas de todo o território brasileiro em função da demanda do uso humano (Fig 2; 3), visando a gestão sustentável dos recursos hídricos no país (ANA 2016).



Fonte: ANA (2011), Portal PNQA.

Notas: *O nível de tratamento da água para consumo humano varia entre as classes.

**Diferentes cultivos podem ser irrigados dependendo da classe.

A Classe Especial é mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral (ex.: Parques Nacionais).

A Classe 1 é mandatória em Terras Indígenas.

Fig 3 Enquadramento das águas superficiais brasileiras e uso humano permitido. Fonte: ANA (2011).

Embora o monitoramento da qualidade da água seja útil em diagnósticos atuais e previsão de resultados ambientais futuros, a fim de promover o desenvolvimento sustentável (Blume et al. 2010), o conhecimento de como a qualidade da água influencia outros organismos – principalmente os vertebrados – só é melhor conhecido para peixes

de água doce (Meador & Goldstein 2003; Flores-Lopes et al. 2010; Alabaster & Lloyd 2013; Azimi & Rocher 2016).

Por que estudar lontras?

Os mamíferos possuem uma grande variedade de dependência da água em sistemas de água doce que abrangem desde atividade de forrageio a simples atravessar cursos. Conferindo um aumento de ligações entre ecossistemas terrestres e aquáticos adjacentes onde atuam em papéis importantes como engenheiros de ecossistemas, agentes de transferência tróficos e predadores de topo, agindo assim como indicadores de qualidade de ecossistemas (Holland 2016).

Os carnívoros têm especial importância para a conservação biológica por atuarem geralmente como predadores de topo de cadeia alimentar; sua presença depende de que diversos outros níveis tróficos abaixo se mantenham intactos. Em geral, os carnívoros vivem em densidades baixas estando mais vulneráveis à extinção (Valenzuela-Galván et al. 2008) São assim, indicadores de perturbações ecológicas, bem como “espécies-bandeira”, atraindo a atenção midiática e recursos humanos e financeiros (Caro & Durant, 1995).

A lontra Neotropical, *Lontra longicaudis* (Olfers, 1818), é um carnívoro da família Mustelidae com ampla distribuição Neotropical (Eisenberg & Redford 1999). Embora encontrada em uma grande variedade de habitats associados ecossistemas dulcícolas e estuários, seu comportamento esquivo se reflete em dados deficientes sobre sua biologia bem como em relação à resolução taxonômica (Foster-Turley 1990; Rodrigues et al. 2013)

A lontra Neotropical está sob algum grau de ameaça em toda a sua distribuição desde o México ao Uruguai, portando a classificação mundial de “Quase Ameaçada” de

extinção pela IUCN (World Conservation Union; Rheingantz & Trinca 2015), estando citada no Apêndice 1 da CITES (IUCN, 2014). É encontrada em simpatria com a ariranha (*Pteronura brasiliensis*) na Amazônia e no Pantanal (Chéhebar 1990; Botello 2006).

No Brasil, *L. longicaudis* é considerada “Quase Ameaçada” sendo “Vulnerável” no bioma Mata Atlântica (Indrusiak & Eizirik 2003; Biodiversitas 2005; Bressan et al. 2009; Paraná, 2010; Rodrigues et al. 2013).

A caça para obtenção de peles foi uma das principais causas de ameaça das espécies de lontras na América Latina. Iniciativas internacionais de proibição na maior parte da sua área distribuição em meados da década de 70 tiveram um papel fundamental na conservação das espécies, embora a fiscalização ainda seja deficiente em muitas regiões.

Atualmente, a crescente fragmentação dos territórios de lontras por ação antrópica, associada à poluição dos recursos hídricos e a consequente degradação dos habitats da espécie, tem justificado a suspeita de que várias populações de lontra Neotropical estão em declínio (Rodrigues et al. 2013). Além disso, os frequentes atropelamentos em estradas, abates ilegais principalmente associados a conflitos com pescadores e proprietários de criadouros de peixes, são ameaças permanentes à espécie (Rheingantz & Trinca 2015).

O conhecimento sobre lontra Neotropical

A lontra Neotropical é uma das espécies de lontra menos conhecidas no mundo. O conhecimento a cerca do tamanho das populações, sua composição e ainda como a expansão das atividades antrópicas afetam sua distribuição e as consequentes modificações da paisagem que ameaçam sua ocorrência ainda são escassos,

inviabilizando medidas para sua conservação (Quadros & Monteiro-Filho 2001; Kasper et al. 2008; Barbieri et al. 2012; Trinca et al. 2012; Rheingantz et al. 2014). Embora tenha havido avanços sobre o conhecimento da espécie nos últimos anos (e. g. Carvalho-Junior et al. 2012; Quintela et al. 2012; Trinca et al. 2012, 2013; Rheingantz et al. 2014). Não há uma compilação dessas informações, dificultando esforços para futuros estudos com a espécie.

Nesse contexto, a presente Dissertação abrangeu uma revisão bibliográfica detalhada sobre a espécie (Capítulo II), com o intuito de compilar o conhecimento vigente e atual sobre a biologia da espécie, contribuindo para o conhecimento da história de vida de *L. longicaudis* pertinente para novas pesquisas e perspectivas de sua conservação ao longo de toda a sua área de distribuição.

Estudos sobre lontra Neotropical no Rio Grande do Sul

As populações de *L. longicaudis* do sul do Brasil tem sido mais bem estudadas que em outras regiões (p. ex. Waldemarin & Colares 2000; Quadros & Monteiro-Filho 2001; Alarcon & Simões-Lopes 2004; Carvalho-Junior et al. 2012). A lontra Neotropical foi recentemente retirada da lista vermelha de fauna silvestre do Rio Grande do Sul ameaçados de extinção (FZB 2014), resultado parcial das frequentes pesquisas sobre a espécie nas últimas décadas.

Aspectos ecológicos como uso de hábitat, dieta e registros de ocorrência são os dados mais comuns existentes sobre a espécie na região (p. ex. Kasper et al. 2004 a, b; Kasper et al. 2008; Souza et al. 2013). Aspectos genéticos da espécie como diversidade genética, estruturação populacional e filogeografia também são resultados de pesquisas realizadas no estado embora de âmbito geográfico mais abrangente (Trinca et al. 2007; Trinca et al. 2012).

A região da Bacia Hidrográfica dos Rios Piratini e São Gonçalo no litoral sul do estado do Rio Grande do Sul engloba a maioria dos trabalhos seguida da Bacia do Rio Maquiné, localizada na região litorânea (Trinca et al. 2013; Quintela & Gatti 2009; Quintela et al. 2008, 2012), possivelmente pelo grau de preservação e acessibilidade dessas regiões. Estudos ligados a bacias sob alto grau de influência antrópica e de como a espécie responde a essas alterações na paisagem são escassos limitando a definição de medidas efetivas para a conservação da espécie.

Relevância de avaliar a influência da qualidade da água sobre a lontra Neotropical

A presença de predadores de topo geralmente está associada a uma maior integridade e conservação dos ambientes, por estarem sensivelmente expostos à bioacumulação de metais pesados e biomagnificação (Dunstone & Gorman 2007; Ramos-Rosas 2013). Embora o papel de espécies de mamíferos como bioindicadores seja de difícil definição, sua atuação como agentes de transferência trófica por serem predadores de topo bem como engenheiros de ecossistema é reconhecida. Indicando a relevância desses organismos como, como indicadores de qualidade de ecossistemas (Holland 2016).

A tolerância de *L. longicaudis* a ambientes antropizados parece ser relevante na avaliação de status de qualidade do ambiente (Kruuk 2006), para além de parâmetros reconhecidos, por exemplo, para macroinvertebrados (Damanik-Ambarita et al. 2016; Papadaki 2016). Globalmente existem poucos trabalhos abrangem como a qualidade da água influencia a atividade e a ocorrência de mamíferos semiaquáticos (Lodé et al. 2001; Scorpio et al. 2014).

JUSTIFICATIVA

O presente estudo é justificado, primeiramente, pelo status de conservação da espécie, associado ao fato do desconhecimento do status de suas populações em ambientes antropizados. Em segundo lugar, existe uma necessidade de estudos de ecologia, comportamento e aplicações de metodologias para o monitoramento da distribuição de *L. longicaudis* no Brasil contribuindo para futuros planos de gestão e conservação desta espécie e dos ambientes onde ela vive

OBJETIVOS

- Sintetizar o conhecimento existente sobre a ecologia e a biogeografia de *Lontra longicaudis*, detalhando lacunas de conhecimento;
- Avaliar se qualidade da água, estrutura da vegetação e correnteza influenciam a ocorrência de *Lontra longicaudis* em regiões sob diferentes graus de degradação por ações antrópicas.

Acreditamos que haverá uma maior intensidade da ocorrência de lontras em regiões com água de melhor qualidade, bem como com galerias mais conservadas onde a estrutura da vegetação seja mais densa. Esperamos também que a correnteza menor nos meses de estiagem permita maior detecção de vestígios.

LITERATURA CITADA

- Abell R, Thieme ML, Revenga C et al. (2008) Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience* 58:5:403-414. doi: 10.1641/B580507
- Agência Nacional de Águas - ANA (2007) Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil e Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil – Brasília ISBN: 978-85-89629-29-4
- Agência Nacional de Águas - ANA (2012) Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil. Agência Nacional de Águas – Brasília ISBN: 978-85-8210-007-3
- Agência Nacional de Águas - ANA (2016) Portal das Qualidades das águas. <http://portalpnqa.ana.gov.br/pnqa.aspx>. Accessed 26 December 2016
- Agostinho AA, Thomaz SM, Gomes LC (2005) Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. *Megadiversidade* 1: 1:70-78
- Alabaster JS, Lloyd RS (2013) *Water quality criteria for freshwater fish*. Elsevier.
- Alarcon GG, Simões-Lopes PC (2004) The Neotropical otter *Lontra longicaudis* feeding habits in a marine coastal area, Southern Brazil. *IUCN Otter Specialist Group Bulletin* 21:1:24-30
- Azimi S, Rocher V (2016) Influence of the water quality improvement on fish population in the Seine River (Paris, France) over the 1990–2013 period. *Science of the Total Environment* 542: 955-964
- Barbieri F, Machado R, Zappes CA, Oliveira LR (2012) Interactions between the Neotropical otter (*Lontra longicaudis*) and gillnet fishery in the Southern

Brazilian coast. *Ocean & Coastal Management* 63: 16-23. doi:
10.1016/j.ocecoaman.2012.03.007

Biodiversitas (2005) Fundação Biodiversitas.
<http://www.biodiversitas.org.br/livrovermelho2005>. Acessado em agosto de
2016.

Blume KK, Macedo JC, Meneguzzi A, Silva LB, Quevedo DM, Rodrigues MAS (2010)
Water quality assessment of the Sinos River Southern Brazil. *Brazilian Journal
of Biology* 70: 4 : 1185-1193. doi: 10.1590/S1519-69842010000600008

Botello F, Salazar JM, Illoldi Rangel P, Linaje M, Monroy G, Duque D, Sanchez-
Cordero V (2006) First record of Neotropical river otter (*Lontra longicaudis*) at
the Biosphere Reserve of Tehuacan-Cuicatlan, Oaxaca, Mexico. *Revista
Mexicana de Biodiversidad* 77: 1: 133-135

Bressan PM, Kierulff MCM, Sugieda AM (2009) Fauna ameaçada de extinção no
estado de São Paulo: Vertebrados São Paulo. Fundação Parque Zoológico de São
Paulo.

Caro TM, Durant SM (1995) The importance of behavioral ecology for conservation
biology: examples from Serengeti carnivores. *Serengeti II*. University of
Chicago, Chicago 451-472.

Carvalho-Junior O, Fillipini A, Salvador, C (2012) Distribution of Neotropical otter,
Lontra longicaudis (Olfers, 1818) (Mustelidae) in coastal islands of Santa
Catarina, Southern Brazil. *IUCN Otter Specialist Group Bulletin* 29:2: 95-108

Chehebar C (1990) Action plan for Latin American otters. IUCN/SSC Otter Specialist
Group, Gland, Switzerland

- Collen B, Felix W, Dyer EE et al. (2014) Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. *Global Ecology and Biogeography* 23:1: 40–51. doi:10.1111/geb.12096
- Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos – COMITESINOS (2015) Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. <http://www.comitesinos.com.br/> Accessed 07 July 2015
- Damanik-Ambarita MN, Lock K, Boets P et al. (2016) Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *Limnologica Ecology and Management of Inland Waters* 57:27-59. doi: 10.1016/j.limno.2016.01.001
- Dunstone N, Gorman ML (2007) Behaviour and ecology of riparian mammals. Cambridge University Press.
- Dunstone N, Strachan R (1988) Status and distribution of otters in the Amboro National Park, Bolivia. *IUCN Otter Specialist Group Bulletin* 3: 24-31
- Eisenberg JF, Redford KH (1999) Mammals of the Neotropics: The Central tropics: Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil. Chicago, London, University of Chicago Press 3:609
- Feiden IR, Terra NR (2009) Ecotoxicological evaluation of sediment from a river contaminated by industrial effluents, Sinos River (Rio Grande do Sul, Brazil) using *Daphnia magna* (Straus, 1820). *Acta Limnologica Brasiliensia* 21: 4: 441-450
- Flores-Lopes F, Cetra M, Malabarba LR (2010) Utilization of ecological indexes on assemblages of fish as instrument of assessment of the environmental degradation in monitoring programs. *Biota Neotropica* 10: 4: 183-193

- Foster-Turley P (1990) Introduction and overall recommendations .In: P Foster-Turley, S Macdonald and C Mason (eds) Otters: an Action Plan for their Conservation, IUCN, Gland, Switzerland 1-3
- Franz I, Capelatti L, Barros MP (2010) Bird community in a forest patch isolated by the urban matrix at the Sinos River basin, Rio Grande do Sul State, Brazil, with comments on the possible local defaunation. *Brazilian Journal of Biology* 70: 4: 1137-1148. doi: 10.1590/S1519-69842010000600002
- Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM (2016) Qualidade ambiental - região hidrográfica do Guaíba. <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidadesinos/sinos.asp>. Accessed 15 November 2016
- Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB (2014) Lista de espécies da fauna gaúcha ameaçadas de extinção. <http://www.fzb.rs.gov.br/upload/2014090911580809092014especiesameacadas.pdf> Accessed 20 August 2016
- Goulart M, Callisto M (2003) Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM* 2:1
- Groombridge B, Jenkins M (1998) *Freshwater biodiversity: a preliminary global assessment*. WCMC-World Conservation Press, Cambridge
- Harrison IJ, Green PA, Farrel TA et al. (2016) Protected areas and freshwater provisioning: a global assessment of freshwater provision, threats and management strategies to support human water security. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater ecosystems* 26: 1: 103–120. doi: 10.1002/aqc.2652
- Holland A (2016) Bridging aquatic and terrestrial ecosystems: ecology of semi-aquatic mammals in Southern Illinois. Thesis. Southern Illinois University Carbondale

- Indrusiak C, Eizirik E (2003). Carnívoros. In: Fontana, C.S. et al. (eds) Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção no Rio Grande do Sul. EDIPUCRS, Porto Alegre, 507-533.
- IUCN (2014) IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org>. Accessed 13 July 2016.
- Junior BSG, Simoura LT (2016) Cobertura florestal e qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Jucu, estado do Espírito Santo, Brasil. *Scientia Plena* 12:1:1-15. doi:10.14808/sci.plena.2016.010201
- Kasper CB, Bastazini VAG, Feldens MJ, Salvi J, Grillo HCZ (2008) Trophic ecology and the use of shelters and latrines by the Neotropical otter (*Lontra longicaudis*) in the Taquari Valley, Rio Grande do Sul, Brazil. *Iheringia* 98: 469-474. doi: 10.1590/S0073-47212008000400009
- Kasper CB, Feldens MJ, Salvi J, Grillo HCZ (2004a) Estudo preliminar sobre a ecologia de *Lontra longicaudis* (Olfers) (Carnivora, Mustelidae) no Vale do Taquari, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 21:1:65-72. doi: 10.1590/S0101-81752004000100012
- Kasper, CB, Salvi J, Grillo, HCZ (2004b) Estimativa do tamanho de duas espécies de ciclídeos (Osteichthyes, Perciformes) predados por *Lontra longicaudis* (Olfers) (Carnivora, Mustelidae) através de análise das escamas. *Revista Brasileira de Zoologia* 21:3: 499–503. doi: 10.1590/S0101-81752004000300012
- Kruuk H (2006) Otters: ecology, behaviour and conservation. Oxford University Press, Oxford
- Lodé T, Cormier JP, Le Jacques D (2001) Decline in Endangered Species as an Indication of Anthropic Pressures: The Case of European Mink *Mustela lutreola*

Western Population. *Environmental Management* 28:6: 727.

doi:10.1007/s002670010257

Marengo JA, Tomasella J, Nobre CA (2017). Climate change and water resources.

In *Waters of Brazil* 171-186. Springer International Publishing.

Meador M, Goldstein R (2003) Assessing Water Quality at Large Geographic Scales:

Relations Among Land Use, Water Physicochemistry, Riparian Condition, and

Fish Community Structure. *Environmental Management* 31: 4: 0504-0517.

doi:10.1007/s00267-002-2805-5

Papadaki K, Chatzinikolaou Y, Lazaridou M, Ioannou A, Artemiadou V (2016) Water

quality evaluation of the middle and lower reaches of Pinios river based on

benthic macroinvertebrates and physicochemical parameters during the low flow

and high flow season. 8ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας 897-

901

Paraná (2010) *Mamíferos Ameaçados no Paraná*. Instituto Ambiental do Paraná.

Paulino MB (2014) Diagnóstico da relação entre o uso do solo e a qualidade da água na

bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, Novo Hamburgo, RS, com o auxílio de

técnicas de geoprocessamento. Dissertation. Universidade Federal do Paraná,

Brasil

Quadros J, Monteiro-Filho LA (2001) Diet of the Neotropical otter, *Lontra longicaudis*,

in an Atlantic Forest area, Santa Catarina State, Southern Brazil. *Studies on*

Neotropical Fauna and Environment 36:1:15- 21. doi: 10.1076/snfe.36.1.15.8881

Quintela FM, Artioli LGS, Porciuncula RA (2012) Diet of *Lontra longicaudis* (Olfers,

1818) (Carnivora: Mustelidae) in three limnic systems in Southern Rio Grande

do Sul State, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 55:6:877-

886. doi: 10.1590/S1516-89132012000600011

- Quintela FM, Gatti A (2009) Armadillo (Cingulata: Dasypodidae) in the diet of the Neotropical otter *Lontra longicaudis* in Southern Brazil. IUCN Otter Specialist Group Bulletin 26:2:78-81
- Quintela FM, Porciuncula RA, Colares EP (2008) Dieta de *Lontra longicaudis* (Olfers) (Carnivora, Mustelidae) em um arroio costeiro da região Sul do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Neotropical Biology Conservation 3:3: 119-125. doi: 10.4013/nbc.20083.03
- Ramos-Rosas NN, Valdespino C, García-Hernández J et al. (2013) Heavy metals in the habitat and throughout the food chain of the Neotropical otter, *Lontra longicaudis*, in protected Mexican wetlands. Environmental monitoring and assessment 185:2:1163-1173. doi: 10.1007/s10661-012-2623-z
- Rechenmacher C, Siebel AM, Goldoni A, Klauck CR, et al. (2010) A multibiomarker approach in rats to assess the impact of pollution on Sinos River, Southern Brazil. Brazilian Journal of Biology 70:4: 1223-1230. doi: 10.1590/S1519-69842010000600012
- Rheingantz ML, Menezes JFS, Thoisy B (2014) Defining Neotropical otter *Lontra longicaudis* distribution, conservation priorities and ecological frontiers. Tropical Conservation Science 7:2: 214-229. doi: 10.1177/194008291400700204
- Rheingantz ML, Trinca CS (2015) *Lontra longicaudis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T12304A21937379. doi: 10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T12304A21937379.en. Downloaded on 11 March 2017
- Rodrigues LA, Leuchtenberger C, Kasper CB, Carvalho-Junior O, Silva VCF (2013) Avaliação do risco de extinção da Lontra Neotropical. Biodiversidade Brasileira 3: 216

- Scalon MCS, Rechenmacher C, Siebel AM et al. (2010) Evaluation of Sinos River water genotoxicity using the comet assay in fish. *Brazilian Journal of Biology* 70: 4: 1217-1222. doi: 10.1590/S1519-69842010000600011.
- Scorpio V, Loy A, Di Febbraro M, et al. (2014) Hydromorphology meets mammal ecology: river morphological quality, recent channel adjustments and otter resilience. *River Research and Applications* 32:3:267-279. doi: 10.1002/rra.2848
- Silk N, Ciruna K (2005) *A Practitioner's Guide to Freshwater Biodiversity Conservation*. Washington, DC: Island Press
- Souza, KS, Bastazini VA., Colares EP (2013) Feeding ecology of the Neotropical otter *Lontra longicaudis* in the Lower Arroio Grande River, southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 85:1: 285-294.
- Strayer DL, Dudgeon D (2010) Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society* 29:1:344-358. doi: 10.1899/08-171.1
- Streck EV, Kämpf N, Dalmolin RSD et al (2008) *Solos do Rio Grande do Sul*. 2nd ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre
- Trinca CS, de Thoisy B, Rosas FCW, Waldemarin HF, Koepfli KP, Vianna JA, Eizirik, E (2012) Phylogeography and demographic history of the Neotropical otter (*Lontra longicaudis*). *Journal of Heredity* 103:4:479-492. doi:10.1093/jhered/ess001
- Trinca CS, Jaeger CF, Eizirik E (2013) Molecular ecology of the Neotropical otter (*Lontra longicaudis*): non-invasive sampling yields insights into local population dynamics. *Biological Journal of the Linnean Society* 109:4: 932-948

- Trinca CS, Waldemarin HF, Eizirik E (2007) Genetic diversity of the Neotropical otter (*Lontra longicaudis* Olfers, 1818) in Southern and Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 67: 4: 813-818. doi: 10.1590/S1519-69842007000500003
- Valenzuela-Galván D, Arita HT, Macdonald DW (2008) Conservation priorities for carnivores considering protected natural areas and human population density. *Biodiversity and Conservation* 17: 539–558. doi: 10.1007/s10531-007-9269-0
- Von Sperling M (1996) *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Universidade Federal de Minas Gerais
- Vörösmarty CJ, McIntyre PB, Gessner MO et al. (2010) Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467:555-561. doi:10.1038/nature09440
- Waldemarin HF, Colares EP (2000) Utilisation of Resting Sites and Dens by the Neotropical River Otter (*Lutra longicaudis*) in the South of Rio Grande do Sul State, Southern Brazil. *IUCN Otter Specialist Group Bulletin* 17:1:14–19
- Weber LI, Hildebrand C G, Ferreira A et al. (2009) Microsatellite genotyping from faeces of *Lontra longicaudis* from southern Brazil. *Iheringia* 99:1:5-11. doi: 10.1590/S0073-47212009000100001

CAPÍTULO II - Ecology and biogeography of the Neotropical Otter *Lontra longicaudis*: existing knowledge and open questions.

Corresponding Author: Lana Resende de Almeida

Bird and Mammal Evolution, Systematics and Ecology Lab, Departamento de Zoologia, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Avenida Bento Gonçalves 9500, Prédio 43435, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

E-mail: lanaresende.bio@gmail.com

Telephone Number: +555133087724

Author: Maria João Ramos Pereira

Bird and Mammal Evolution, Systematics and Ecology Lab, Departamento de Zoologia, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal e Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Avenida Bento Gonçalves 9500, Prédio 43435, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

Centre for Environmental and Marine Studies, Universidade de Aveiro. Campus Universitário de Santiago, 3810-193, Aveiro, Portugal.

Acknowledgements

We would like to thank the curators of the Zoology Collection of the UNISINOS for their help, care and attention. Special thanks to Rodrigo Machado for theoretical support and to Marcelo Rheigantz for making his distribution models available to us. This study was carried out with the support of the Post-Graduate Program in Animal Biology of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Lana Resende de Almeida was funded by the National Counsel of Technological and Scientific Development (CNPq) scholarship (133583/2015-5).

Abstract

The Neotropical Otter, *Lontra longicaudis*, is considered Near Threatened by the IUCN, and with declining population it is still one of the lesser known species of otter in the world. Like other otter species, *L. longicaudis* is associated with water courses in a large variety of habitats and biomes across its area of distribution. Here we present a review of the available literature on *L. longicaudis* aiming to update information on its distribution, ecology and systematics. We performed online searches using combinations of the words *Lontra longicaudis*, river otter, Neotropical Otter, nutria, lobito del río, limiting our search to 1972 – 2016. Recent information on evolutionary history and biogeographic patterns, distribution patterns, as well as on the ecology of the species across a large part of its distribution range, including trophic ecology and intraspecific communication, was retrieved. We found severe gaps in knowledge including aspects of life-history, ground-validation of new potential distribution areas, and long-term population monitoring aiming at designing more efficient conservation measures and techniques. In this context, we conclude by presenting perspectives for future studies.

Keywords: Carnivora, lobito del rio, mustelidae, nutria, river otter

Introduction

Lontra longicaudis (Olfers, 1818), the Neotropical Otter, is a carnivore of the family Mustelidae with a wide distribution in the Neotropics (Eisenberg & Redford 1999). Although it may be found in a variety of habitats associated with water bodies, its elusive behaviour is reflected upon the scarce information both regarding its biology and the recent changes in its taxonomy (Foster-Turley et al. 1990; Rodrigues et al. 2013).

Long-term studies on the Neotropical Otter behaviour, reproduction and ecology are rare, resulting in the fact that this is one of the lesser-known otter species in the planet. Insufficient data regarding the size and composition of the Neotropical Otter populations, as well as on how anthropic activities and resulting landscape modifications impact its distribution and threaten its occurrence make it impossible to provide well-founded arguments for the conservation of the species (Pardini 1998; Quadros & Monteiro-Filho 2001; Kasper et al. 2008; Barbieri et al. 2012; Rheingantz et al. 2014). In this context, this review intends to collect the current extant knowledge on the Neotropical Otter to provide the ground for new perspectives regarding its conservation throughout its area of distribution.

Methods

In order to find studies on *L. longicaudis*, we performed searches on Google Scholar (), and Portal de Periódicos da CAPES (<http://www.periodicos.capes.gov.br/>) platforms using the words *Lontra longicaudis*, river otter, Neotropical otter, nutria, lobito del río. We also made direct searches in the list of journals indexed at the Zoological Record database. We limited our search to 1972 – 2016. Finally we made direct contact with experts on the Neotropical Otter and the Carnivora. Data on the

species distribution was gathered at the IUCN website. A total of 70 papers and specialized books were retrieved and supported this review.

Description and diagnosis

Lontra longicaudis (Olfers, 1818)

Common name: Neotropical otter, river otter, Lobito del rio, nutria del noroeste, nutria neotropical, perro de água, lontra, lontra de rio, lontrinha.

Type Locality: “Brazil”.

Synonyms (Larivière 1999): *Lutra longicaudis* Olfers, 1818; *Lutra enudris* Cuvier, 1823; *Lutra insularis* Cuvier, 1823; *Lutra platensis* Waterhouse, 1838; *Lutra solitaria* Wagner, 1842; *Lutra latifrons* Nehring, 1887; *Lutra annectens* Major, 1897; *Lutra colombiana* Allen, 1904; *Lutra latidens* Allen, 1908; *Lutra emerita* Thomas, 1908; *Lutra incarum* Thomas, 1908; *Lutra mitis* Thomas, 1908; *Lutra parilina* Thomas, 1914; *Lutra repanda* Goldman, 1914; *Lutra mesopetes* Cabrera, 1924.

Lontra longicaudis is a semi-aquatic mustelid presenting an elongated, fusiform body covered with a brown, double-haired coat of hair. Its size varies between 1.2-1.5 m in length, with males generally 20 to 25% larger than females. It weighs between 7-15 kg. The paws have five digits, interdigital membranes and non-retractable claws. Its tale is long and flat comprising about a third of the animal's total length. Its face hair is usually lighter, beige with vibrissae (Figure 1a-b) (Larivière 1999; Rodrigues et al. 2013).

Diagnosis: *Lontra longicaudis* is the only species of South American river otter presenting a rhinarium partially covered with hair. There is observable intraspecific

variation in the shape of the rhinarium, a trait that is significant for the new taxonomic resolutions on the species (Larivière 1999).

Distribution

The Neotropical Otter is distributed from Mexico to Uruguay and is sympatric with the Giant Otter (*Pteronura brasiliensis*) in Amazonia and Pantanal biomes (Chéhebar 1990; Botello 2006). According to Rheigantz et al. (2014) the distribution of the Neotropical Otter could extend beyond its known distribution, in accordance with habitat suitability models for the species. These new potential areas of occurrence include new regions in South America (West of Equator and Peru, North of Venezuela, a considerable portion of Argentina, Andes and Northeast Brazil) and both the North of Mexico and the South of the United States (where it would be sympatric with *L. canadensis* (Figure 1c). Even if these new potential areas of occurrence are ground-validated, little or nothing is known about those populations, thus making it difficult to carry out any conservation efforts in those areas (Astúa et al. 2010; Castro-Revelo & Zapata-Ríos 2001; Dantas & Donato 2011; Souto 2012; Mesquita & Meneses 2015).

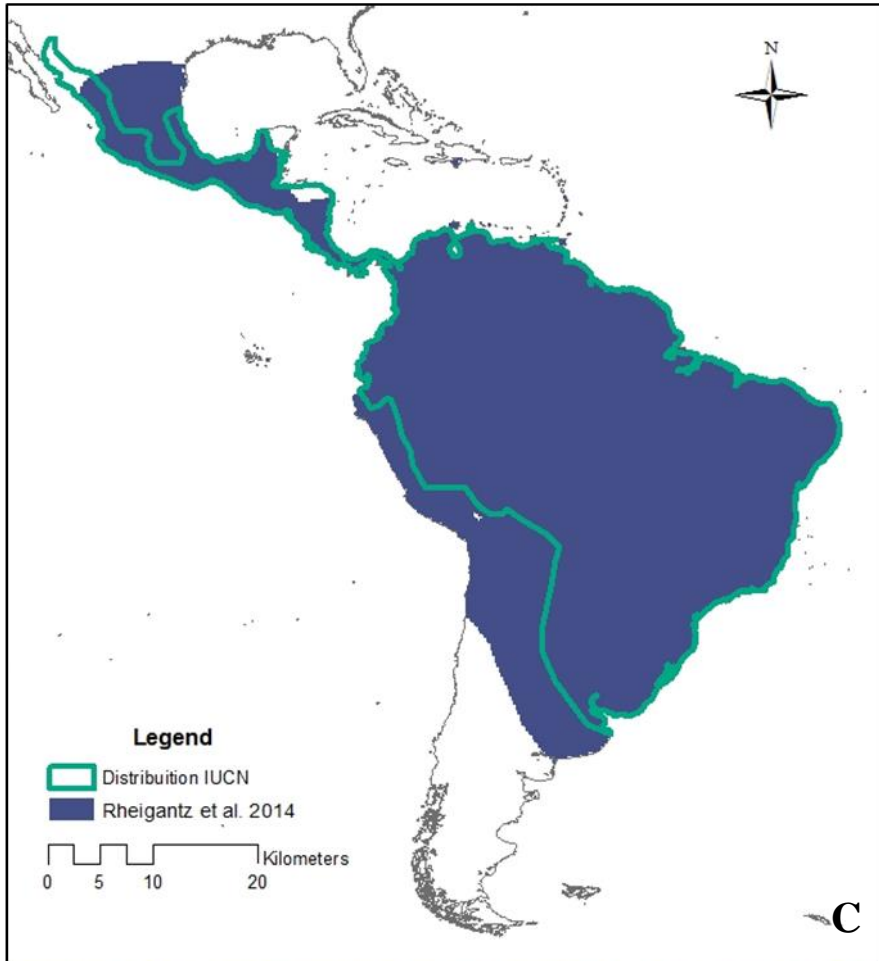


Fig 4 General aspects of the Neotropical Otter morphology, ecology and distribution. a) Neotropical otter *Lontra longicaudis* (Photograph by Alan Bolzan); b) fusiform, elongated body and the presence of interdigital membranes make *L. longicaudis* an efficient swimmer with semi-aquatic habits (Photograph by Alan Bolzan); c) current distribution of *L. longicaudis* according to the IUCN (green line) and potential distribution including new areas based on habitat suitability models by Rheigantz et al. (2014) (blue area); d), e) and f) dorsal, ventral and lateral view, respectively, of the skull of *L. longicaudis* (specimen MZU553 stored in the collection of the Zoology Museum of the Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, Brazil); g) mandible of *L. longicaudis* (specimen MZU553 stored in the collection of the Zoology Museum of the Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, Brazil); h) cub and parental care in Neotropical Otter (Photograph by Alan Bolzan); i) Neotropical otter feeding on fish, the most frequent item type of its diet (Photograph by Alan Bolzan)

Evolutionary history and biogeographic patterns

The lineage of the Lutrinae subfamily diverged from other mustelid lineages around 20 to 25 million years ago. Its most ancient known fossil belongs to the genus *Mionictis* and was deposited in the Miocene approximately 20 million years ago (Koepfli & Wayne 1998). Even though the monophyly of the 13 acknowledged species is corroborated by specialists, their phylogenetic relations went through major changes with the inclusion of molecular and morphologic characters found in fossils (Marmi et al. 2004; Koepfli et al. 2008). For instance, the genus *Lutra* comprised all species of otter of the tribe Lutrini with the exception of the Ariranha, *Pteronura brasiliensis* (Koepfli et al. 2008).

In the meanwhile, cranial analysis detected the presence of a much more developed post-orbital process and a greater distance between the post-orbital process and the distal end of the nasal median suture in the American otters in relation to the Eurasian and African species, therefore suggesting that these were two distinct groups.

The genus *Lontra* was thus adopted for New World otters (Figure 1d-g) (Van Zyll de Jong 1972). Recent phylogenies based on cytochrome b sequences corroborate both the genus and its monophyly, despite the lack of consensus regarding the phylogenetic relations between the species (Koepfli & Wayne 1998; Marmi et al. 2004; Koepfli et al. 2008). Furthermore, the fossil species *Lontra weiri* found at the Hagerman Fossil Beds (Idaho, United States) and dated from the Pliocene is acknowledged as the first extinct species of the genus *Lontra*, rekindling issues over the ancestry and the emergence of the genus. However, it remains unclear if *L. weiri* was the origin of the current New World otter species or if it was a lateral branch in the tree of the group (Prassack 2016).

The history of the dispersal of the genus *Lontra* in the Americas seems to be more consensual and to follow the same pattern as the other carnivores. The divergence of the South American otters regarding its brother taxon, *Lontra canadensis*, took place approximately 2.8-3.4 million years ago, suggesting that its ancestor migrated through the Isthmus of Panama during the Great American Biotic Interchange 2.5-3.0 million years ago (Koepfli et al. 2008). The Neotropical Otter, *Lontra longicaudis*, appeared about 1.8 million years ago and is phylogenetically connected with *Lontra felina* which is restricted to marine environments in the Pacific Coast of Chile and Peru. Its occurrence in Argentina and Tierra del Fuego is still to be confirmed (Marmi et al. 2004; Koepfli et al. 2008; Trinca et al 2012; Valqui 2012).

On the other hand, the ancestor of *Pteronura brasiliensis* – *Satherium piscinarium* – seems to have crossed South America before the formation of the Isthmus of Panama by waif dispersal through a maritime route (Flynn et al. 2005). Dated from the Pleistocene (2.5million – 11 thousand years ago), Giant Otter fossils in South America, although scarcer than those of other otters, already point to a major adaptation to aquatic life (Pickles et al. 2011).

Molecular analyses show a recent divergence – 0.58 (0.22-1.07 MYA)– in at least four distinct evolutionary lineages of *Lontra longicaudis* in South America. These data support even higher levels of genetic diversity and a consistent phylogeographic pattern where four distinct, localized and lineages geographically found in: 1) in Colombia, 2) in Bolivia, 3) in Amazonia (except the Bolivian part) and the French Guyana, and 4) in the Brazilian Atlantic Forest and Pantanal (Trinca et al. 2012). The acknowledgment that *Lontra longicaudis* might be a complex of species is corroborated by the geographic variation found in skull characters, namely the height of the coronoid process, which includes the appearance of the first and second molars, and the length of the jaw (Hernández-Romero et al. 2015).

Even though the distribution and geographic limits of those populations are not consensual between morphologic and genetic evidence, both corroborate vicariant events through the presence of geographical barriers, thus pointing to the need for a thorough taxonomic review and integrated studies to solve the issue.

Habitat

Lontra longicaudis occurs between 300 and 3000 meters of altitude, being less abundant in higher altitudes (Larivière 1999). The species is associated with a great variety of continental water habitats. Most of the populations occur in permanent rivers,

estuaries, lakes and lagoons, as well as mangroves (Gomez et al. 2014). However, little is known regarding its distribution in resting habitats, marine habitats along the coast and continental islands (Carvalho-Junior et al. 2012). Its occurrence is associated with environments ranging from lotic galleries with dense forest to lentic environments with structured riparian vegetation (Kasper et al. 2004a; Aceituno et al. 2015). Despite showing numerous adaptations to aquatic life, otters are dependent on land to rest, give birth and protect their offspring (Miles 1984; Pardini & Trajano 1999).

Given their wide distribution and versatility, some authors suggest that the species is tolerant to environmental modification (Pardini & Trajano 1999; Ribeiro & Miotto 2010). However, being a predator of the upper levels of the aquatic food chain, it generally has large territories and has somewhat strict habitat requirements, particularly regarding the quality of watercourses, the regulation of flows and gallery structure, factors that affect all wildlife in riverine and coastal environments across different trophic levels (Parera 1996a; Kruuk 2006; Erwin 2009; Gomez et al. 2014).

Population dynamics, reproduction and parental care

The Neotropical Otter is crepuscular and prefers to forage mid to late in the afternoon. However, it tends to take up nocturnal habits in regions with high human presence (Wilson & Mittermeier 2009; Rheingantz 2016).

A species with solitary habits, females are only tolerant to the presence of males during the breeding period (Duplaix 1978; Bertonatti & Parera 1994; Rodrigues et al. 2013).

Population density ranges between 0.8 to 2.8 individuals per kilometre of coastline or embankment (Wilson & Mittermeier 2009). In more open areas as the Pantanal density is 2-3 otters per kilometre (Kruuk 2006).

Mating occurs during one or two days producing one to five cubs, although giving birth to two or three cubs after a gestating period of approximately 56-86 days is more common (Bertonatti & Parera 1994; Parera 1996a; Parera 2002; Arcila & Ramirez 2004; Kruuk 2006). Even though mating during austral or boreal spring is common, as occurs with other species of otter, *L. longicaudis* has no specific breeding season, thus pointing to a polyestric reproductive cycle (Kruuk 2006). Although the mechanism of delayed implantation – that is, delay of the implantation of the blastocyst after fertilization – allows the species to give birth to its offspring in times of the year which are more favorable to their development, the duration of the delay in implantation of the blastocyst remains unknown (Blacher 1994; Arcila & Ramirez 2004; Kruuk 2006).

Birth does not take place more than 150 meters from the water and may occur in locations covered with grass and leaves (Bertonatti & Parera 1994; Parera 1996b) or in root cavities, hollow trunks and burrows dug by the female (Harris 1968; Eisenberg 1989). Cubs are born blind and fully covered with hair, only opening their eyes after 44 days. The female exclusively carries out parental care; newborns leave their burrows after 52 days and begin their aquatic activities with 74 days. However, the females accompany them for a long time, and cubs spend most of their time playing in their proximity and learning how to catch fish (Figure 1h) (Jacome & Parera 1995; Parera 1996a). Family groups comprised of a female and one or two juveniles are occasionally seen (Parera 1993; Wilson & Mittermeier 2009).

Communication

Communication between otters seems to take place mainly through isolated scent markings or made next to droppings in conspicuous locations, from rocks and sand embankments to trunks near water bodies and burrows entrances (Dunstone &

Strachan 1988; Bertonatti & Parera 1994; personal observation). Although scent markings have numerous functions as territory marking, sexual signalling and communication, little is known about their chemical composition (Kruuk 2006).

Besides chemical communication, vocalizing through whistles, buzzes and wheezes have been occasionally detected (Emmons 1990; Parera 1996a), and are apparently related to agonistic behaviour or callings (Harris 1968; Parera 1993).

Trophic Ecology

Trophic ecology of *L. longicaudis* is one of the most studied subjects of the species biology. However, the issues involving their strategies to obtain resources remain insufficiently known.

The Neotropical Otter preferably preys on fish and crustaceans, occasionally preying on other vertebrates as small land mammals including small rodents, birds and amphibians (Figure 1i) (Alarcon & Simões-Lopes 2004; Quadros & Monteiro-Filho 2001; Quintela et al. 2008, 2012; Sousa et al. 2013). On occasion it also eats invertebrates as insects and molluscs (Macías-Sánchez & Aranda 1999; Chemes et al. 2010; Mayor-Victoria & Botero-Botero 2010). Even though there seems to be no seasonal variation in the diet composition of the Neotropical Otter (Carvalho-Junior et al. 2010; Vezzosi et al. 2014), rainfall seems to have direct influence on the success in obtaining resources, since there are differences in diet composition in the dry and in the wet seasons (Rheingantz et al. 2011). Even so, more long-term studies, carried out in different regions of occurrence of the species, are necessary to confirm this pattern.

Although it is specialized in fish and crustaceans, at a finer scale the species may be considered opportunistic, as it generally feeds on various species of those two groups

in the studied regions (Passamani & Camargo 1995; Gori et al. 2003; Kasper et al. 2004a,b).

The geographic variation in feeding habits of *L. longicaudis* seems to be related to prey availability in different environments, suggesting that the species is trophically plastic (Larivière 1999; Pardini 1998; Colares & Waldemarin 2000; Kasper et al. 2004a; Rheingantz et al. 2012). Other factors as prey size and ease of capture seem to influence the Neotropical Otter choice of food items (Quadros & Monteiro-Filho 2001; Kasper et al. 2004b).

Conservation threats – present and past

Hunting for their pelts was one of the main causes of threat to otters in Latin America. It is estimated that, in Peru, around 110 thousand pelts of *L. longicaudis* were exported between 1959 and 1972, over eight thousand per year (Kruuk 2006). International initiatives to prohibit the commerce of otter pelts in most of its area of distribution in the mid-1970s played a crucial role for the conservation of the species, even if surveillance on poaching is still lacking in many regions.

Currently, the growing fragmentation of otter territories through anthropic action, coupling deforestation with water pollution, leads to the suspicion that several Neotropical Otter populations are declining throughout its area of distribution. Besides, frequent road killings, illegal slaughters mainly associated with conflicts with fishermen and fish-farm owners, are permanent threats to the species (Trinca et al. 2012; Rodrigues et al. 2013).

Conservation status

The Neotropical Otter is classified as Near Threatened (NT) and is cited in Appendix 1 of CITES (Rheingantz & Trinca 2015). In Guyana and Honduras, the species is not legally protected. There is a significant deficit of information regarding its distribution and status in Belize, El Salvador and Guatemala (Chehebar 1990).

On the other hand, in Argentina it is recognized as a priority species by the Fundación Vida Silvestre Argentina (Bertonetti & Parera 1994). The Neotropical Otter is also protected in Bolivia, Brazil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Mexico, Nicaragua, Panama, Paraguay, Peru, Suriname, French Guyana, Trinidad & Tobago, Uruguay and Venezuela (Brack-Egg 1978; Mondolfi & Trebbau 1978; Chehebar 1990; Aranda 1991). Until recently, *L. longicaudis* was considered Data Deficient by the IUCN. Although its status is currently NT, knowledge on the species biology and ecology – particularly on life history and population dynamics – is scarce, which hampers wide scope actions for its preservation. Rheingantz et al. (2014) point to a higher suitability of habitat and, therefore, to higher preservation potential, in Environmental Protection Areas (EPA) than in unprotected regions throughout its distribution, even if the species is not the Unit's preservation focus. Despite its wide distribution, there is only one management plan for the Neotropical Otter at a regional scale for the La Guarija province in Colombia. In addition, in Brazil, the Neotropical Otter is contemplated in the Giant Otter's plan and a project that aims at its conservation in the southern of Brazil (ICMBio 2010; Corpoguajira & la Fundación Omacha 2015)

Open questions

Studies on potential and confirmed areas of occurrence of *L. longicaudis* in Central America, Argentina, Ecuador, Mexico, Northeastern Brazil and Suriname are crucial to improve the current knowledge on the actual area of occurrence of the species

(Rheingantz et al. 2014), one of the most important tools for mammal conservation (Costa et al. 2005; Schipper et al. 2008; Wilson & Mittermeier 2009). Furthermore, studies on aspects of the species biology whose knowledge is lacking such as its reproductive biology in the wild are also fundamental, as almost all data on this subject was collected in captivity (Blacher 1994; Arcila & Ramirez 2004). In addition, little is known about the permanence and conservation of otter populations in degraded environments. Research on population dynamics through long-term monitoring of different populations is also crucial to identify the impacts of anthropogenic changes on the species birth and mortality rates in different regions. Lastly, we also suggest that integrated morphological and molecular studies are carried out to provide new taxonomic definitions of *L. longicaudis*, as well as to corroborate the existence of cryptic diversity within the taxon (Trinca et al. 2012; Hernández-Romero et al. 2015).

References

- Aceituno F, Trochez D, Nuñez C (2015) Recent record of the Neotropical river otter (*Lontra longicaudis*) in the Choluteca River Tegucigalpa, Honduras. IUCN Otter Specialist Group Bulletin 32:1:25-29
- Alarcon GG, Simões-Lopes PC (2004) The Neotropical otter *Lontra longicaudis* feeding habits in a marine coastal area, Southern Brazil. IUCN Otter Specialist Group Bulletin 21:1:24-30
- Aranda M (1991) Wild mammal skin trade in Chiapas, Mexico. In: Robinson JG, Redford KH (eds) Neotropical wildlife use and conservation, The University of Chicago Press, Chicago, USA, pp 174-177

- Arcila DA, Ramírez M (2004) Captive reproduction of the Neotropical otter in the Santa Fe Zoological Park in Medellín, Colombia. IUCN Otter Specialist Group Bulletin 21:1: 16-18
- Astúa D, Asfora PH, Aléssio FM, Langguth A (2010) On the occurrence of the Neotropical Otter (*Lontra longicaudis*) (Mammalia, Mustelidae) in Northeastern Brazil. Mammalia 74:2: 213-217. doi: 10.1515/MAMM.2010.004
- Barbieri F, Machado R, Zappes CA, Oliveira LR (2012) Interactions between the Neotropical otter (*Lontra longicaudis*) and gillnet fishery in the Southern Brazilian coast. Ocean & Coastal Management 63: 16-23. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2012.03.007
- Bertonatti C, Parera A (1994) Lobito del río. Revista Vida Silvestre, Nuestro Libro Rojo Fundación Vida Silvestre Argentina 34: 2
- Blacher C (1994) Strategic reproduction of *Lutra longicaudis*. IUCN Otter Specialist Group Bulletin 9: 6
- Botello F, Salazar JM, Illoldi Rangel P, Linaje M, Monroy G, Duque D, Sanchez-Cordero V (2006) First record of Neotropical river otter (*Lontra longicaudis*) at the Biosphere Reserve of Tehuacan-Cuicatlan, Oaxaca, Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad 77:1:133-135
- Brack-Egg A (1978) Situación actual de las nutrias (Lutrinae: Mustelidae) en el Perú. In: Duplaix N (ed) Otters: Proceedings of the first working meeting of the otter specialist group, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Morges, Switzerland, pp 76-84
- Carvalho-Junior O, Fillipini A, Salvador, C (2012) Distribution of Neotropical otter, *Lontra longicaudis* (Olfers, 1818)(Mustelidae) in coastal islands of Santa Catarina, Southern Brazil. IUCN Otter Specialist Group Bulletin 29:2: 95-108

- Carvalho-Junior O, Macedo-Soares LD, Birolo AB (2010) Annual and interannual food habits variability of a Neotropical otter (*Lontra longicaudis*) population in Conceição Lagoon, South of Brazil. IUCN Otter Specialist Group Bulletin 27:1: 24-32
- Castro-Revelo I, Zapata-Ríos G (2001) New altitudinal record for *Lontra longicaudis* (Carnivore: Mustelidae) in Ecuador. Mammalia 65:2:237-239
- Chehebar C (1990) Action plan for Latin American otters. IUCN/SSC Otter Specialist Group, Gland, Switzerland
- Chemes SB, Giraudo AR, Gil G (2010) Dieta de *Lontra longicaudis* (Carnivora: Mustelidae) en el Parque Nacional el Rey (Salta, Argentina) y su comparación com otras poblaciones de la cuenca de Paraná. Mastozoología Neotropical 17:1: 19-29
- Colares EP, Waldemarin HF (2000) Feeding of the Neotropical river otter (*Lontra longicaudis*) in the coastal region of the Rio Grande do Sul State, Southern Brazil. IUCN Otter Specialist Group Bulletin 17: 6-13
- Corpoguajira, la Fundación Omacha (2015) El Plan de Manejo para la conservación de la nutria Neotropical (*Lontra longicaudis*) en el departamento de La Guajira, Bogotá, Corpoguajira y la Fundación Omacha
- Costa LP, Leite YLR, Mendes SL, Ditchfield A D (2005) Mammal conservation in Brazil. Conservation Biology 19: 3: 672-679. doi: 10.1111/j.1523-1739.2005.00666.
- Dantas MAT, Donato CR (2011) Registro de *Lontra longicaudis* (Olfers, 1818) na caverna da Pedra Branca, Maruim, Sergipe, Brasil. Scientia Plena 8: 7
- Dunstone N, Strachan R (1988) Status and distribution of otters in the Amboro National Park, Bolivia. IUCN Otter Specialist Group Bulletin 3: 24-31

- Duplaix N (1978) Synopsis of the status and ecology of the giant otter in Suriname In:
N Duplaix (ed) Otters: Proceedings of the First Working Meeting of the Otter
Specialist Group, Morges, Switzerland, pp 48-54
- Eisenberg JF (1989) Panamá, Colombia, Venezuela, Guyana, Suriname, French Guiana.
University of Chicago Press, Chicago
- Eisenberg JF, Redford KH (1999) Mammals of the Neotropics: The Central tropics:
Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil. Chicago, London, University of Chicago Press
3:609
- Emmons LH, Feer F (1990) Neotropical Rainforest Mammals: A Field Guide.
University of Chicago Press, Chicago, USA and London, UK
- Erwin KL (2009) Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in
a changing world. *Wetlands Ecology and Management* 17: 71–84. doi:
10.1007/s11273-008-9119-1
- Flynn JJ, Finarelli JA, Zehr S, Hsu J, Nedbal MA (2005) Molecular phylogeny of the
Carnivora (Mammalia): assessing the impact of increased sampling on resolving
enigmatic relationships. *Systematic Biology* 54: 2: 317-337. doi:
10.1080/10635150590923326
- Foster-Turley P (1990) Introduction and overall recommendations .In: P Foster-Turley,
S Macdonald and C Mason (eds) Otters: an Action Plan for their Conservation,
IUCN, Gland, Switzerland, pp 1-3
- Gomez JJ, Túnez JJ, Fracassi N, Cassini MH (2014) Habitat suitability and
anthropogenic correlates of Neotropical river otter (*Lontra longicaudis*)
distribution. *Journal of Mammalogy* 95: 4: 824-833. doi: 10.1644/13-MAMM-
A-265

- Gori M, Carpaneto MG, Ottino P (2003) Spatial distribution of the Neotropical otter *Lontra longicaudis* in the Ibera Lake (Northern Argentina). *Acta Theriologica* 48: 4: 495-504. doi: 10.1007/BF03192495
- Harris CJ (1968) Otters: a study of recent Lutrinae. Weidenfeld and Nicholson, London
- Hernández-Romero PC, Guerrero JA, Valdespino C (2015) Morphological variability of the cranium of *Lontra longicaudis* (Carnivora: Mustelidae): a morphometric and geographic analysis. *Zoological Studies* 54:50. doi: 10.1186/s40555-015-0127-6
- ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2010) Sumário Executivo do Plano de Ação Nacional para a Conservação da Ariranha. http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/pan-ariranha/sumario_ariranhass_lontras.pdf . Accessed 25 January 2017
- IUCN (2014) IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org>. Accessed 13 July 2016
- Jacome L, Parera, A (1995) Neotropical river otter, *Lutra longicaudis*, breeding under captive conditions in Buenos Aires Zoo, Argentina. *IUCN Otter Specialist Group Bulletin* 12: 34-36
- Kasper CB, Bastazini VAG, Feldens MJ, Salvi J, Grillo HCZ (2008) Trophic ecology and the use of shelters and latrines by the Neotropical otter (*Lontra longicaudis*) in the Taquari Valley, Rio Grande do Sul, Brazil. *Iheringia* 98: 469-474. doi: 10.1590/S0073-47212008000400009
- Kasper CB, Feldens MJ, Salvi J, Grillo HCZ (2004a) Estudo preliminar sobre a ecologia de *Lontra longicaudis* (Olfers) (Carnivora, Mustelidae) no Vale do Taquari, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 21: 1: 65-72. doi: 10.1590/S0101-81752004000100012

- Kasper, CB, Salvi J, Grillo, HCZ (2004b) Estimativa do tamanho de duas espécies de ciclídeos (Osteichthyes, Perciformes) predados por *Lontra longicaudis* (Olfers) (Carnivora, Mustelidae) através de análise das escamas. *Revista Brasileira de Zoologia* 21: 3: 499–503. doi: 10.1590/S0101-81752004000300012
- Koepfli KP, Deere KA, Slater GJ, Begg C, Begg K, Grassman L et al. (2008) Multigene phylogeny of the Mustelidae: resolving relationships, tempo and biogeographic history of a mammalian adaptive radiation. *BMC Biology* 6:10. doi: 10.1186/1741-7007-6-10
- Koepfli KP, Wayne RK (1998) Phylogenetic relationships of otters (Carnivora: Mustelidae) based on mitochondrial cytochrome b sequences. *Journal of Zoology* 246:4: 401-416. doi: 10.1111/j.1469-7998.1998.tb00172.x
- Kruuk H (2006) *Otters: ecology, behaviour and conservation*. Oxford University Press, Oxford
- Larivière S (1999) *Lontra longicaudis*. *Mammalian Species* 609: 1-5
- Macías-Sánchez S, Aranda M (1999) Análisis de la alimentación de la nutria *Lontra longicaudis* (Mammalia: Carnivora) en un sector del Río Los Pescados, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana* 76: 49-57
- Marmi J, López-Giráldez JF, Domingo-Roura, X (2004) Phylogeny, evolutionary history and taxonomy of the Mustelidae based on sequences of the cytochrome b gene and a complex repetitive flanking region. *Zoologica Scripta* 33:6: 481-499. doi: 10.1111/j.0300-3256.2004.00165.x
- Mayor-Victoria R, Botero-Botero A (2010) Uso del habitat por la nutria Neotropical *Lontra longicaudis* (Carnivora: Mustelidae) en la zona baja del río Roble, Alto Cauca, Colombia. *Boletín Científico Museo de Historia Natural* 14:1: 121-130

- Mesquita GP, Meneses RF (2015) Registro de *Lontra longicaudis* (Olfers, 1818) no estado do Maranhão, Nordeste do Brasil. *Scientia Plena* 11:7:1-5
- Miles H (1984) *The track of the wild otter*. St. Martin's Press.
- Mondolfi E, Trebbau P (1978) Distribution and status of the giant otter (*Pteronura brasiliensis*) in Venezuela In: Duplaix N (ed) *Otters: Proceedings of the First Working Meeting of the Otter Specialist Group*, Morges, Switzerland, pp 34-42
- Pardini R (1998) Feeding ecology of the Neotropical river otter *Lontra longicaudis* in an Atlantic Forest stream, south-eastern Brazil. *Journal of Zoology* 245(4): 385-391. doi: 10.1111/j.1469-7998.1998.tb00113.x
- Pardini, R, Trajano E (1999) Use of shelters by the Neotropical river otter (*Lontra longicaudis*) in an Atlantic forest stream, southeastern Brazil. *Journal of Mammalogy* 80: 2: 600–610. doi: 10.2307/1383304
- Parera A (1993) The Neotropical river otter *Lutra longicaudis* in Ibera lagoon, Argentina. *IUCN Otter Specialist Group Bulletin* 8: 13-16
- Parera A (1996a) Estimating river otter *Lutra longicaudis* population in Ibera lagoon using a direct sightings methodology. *IUCN Otter Specialist Group Bulletin* 13: 7743
- Parera A (1996b) Las nutrias verdaderas de la Argentina. *Boletín Técnico de la Fundación Vida Silvestre*
- Parera A (2002) *Los mamíferos de la Argentina y la región austral de sudamérica*. Editorial el Ateneo
- Passamani M, Camargo SL (1995) Diet of the river otter *Lutra longicaudis* in Furnas reservoir, South-Eastern Brazil. *IUCN Otter Specialist Group Bulletin* 12: 32-33
- Pickles RSA, Groombridge JJ, Zambrana Rojas VD, Van Damme P et al. (2011) Evolutionary history and identification of conservation units in the giant otter,

Pteronura brasiliensis. Molecular Phylogenetics and Evolution 61: 3: 616- 627.

doi: 10.1016/j.ympev.2011.08.017

Prassack KA (2016) *Lontra weiri*, sp. nov., a Pliocene river otter (Mammalia, Carnivora, Mustelidae, Lutrinae) from the Hagerman Fossil Beds (Hagerman Fossil Beds National Monument), Idaho, USA. Journal of Vertebrate Paleontology doi:10.1080/02724634.2016.1149075

Quadros J, Monteiro-Filho LA (2001) Diet of the Neotropical otter, *Lontra longicaudis*, in an Atlantic Forest area, Santa Catarina State, Southern Brazil. Studies on Neotropical Fauna and Environment 36: 1: 15- 21. doi: 10.1076/snfe.36.1.15.8881

Quintela FM, Artioli LGS, Porciuncula RA (2012) Diet of *Lontra longicaudis* (Olfers, 1818) (Carnivora: Mustelidae) in three limnic systems in Southern Rio Grande do Sul State, Brazil. Brazilian Archives of Biology and Technology 55: 6: 877-886. doi: 10.1590/S1516-89132012000600011

Quintela FM, Porciuncula RA, Colares EP (2008) Dieta de *Lontra longicaudis* (Olfers) (Carnivora, Mustelidae) em um arroio costeiro da região Sul do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Neotropical Biology Conservation 3: 3: 119-125. doi: 10.4013/nbc.20083.03

Rheigantz ML, Trinca CS (2015) *Lontra longicaudis*. The IUCN - Red list of Threatened Species. doi: 10.2305/IUCN.UK.20152.RLTS.T12304A21937379.en. Accessed 29 May 2016

Rheingantz ML, Leuchtenberger C, Zucco CA, Fernandez FA (2016). Differences in activity patterns of the Neotropical otter *Lontra longicaudis* between rivers of two Brazilian ecoregions. Journal of Tropical Ecology 32(2):170-174. doi: 10.1017/S0266467416000079

- Rheingantz ML, Menezes JFS, Thoisy B (2014) Defining Neotropical otter *Lontra longicaudis* distribution, conservation priorities and ecological frontiers. *Tropical Conservation Science* 7: 2: 214-229. doi: 10.1177/194008291400700204
- Rheingantz ML, Oliveira-Santos LG, Waldemarin HF and Caramaschi EP (2012) Are otters generalists or do they prefer larger, slower prey? Feeding flexibility of the Neotropical otter *Lontra longicaudis* in the Atlantic Forest. *IUCN Otter Specialist Group Bulletin* 29: 80-94
- Rheingantz ML, Waldemarin H, Rodrigues L, Moulton T (2011) Seasonal and spatial differences in feeding habits of the Neotropical otter (*Lontra longicaudis*) (Carnivora: Mustelidae) in a coastal catchment of Southeastern Brazil. *Zoologia* 28: 1: 37-44. doi: 10.1590/S1984-46702011000100006
- Ribeiro JN, Miotto RA (2010) Mammalia, Carnivora, Mustelidae, *Lontra longicaudis* (Olfers, 1818): Occurrence record in an estuary area in the state of São Paulo, Brazil. *Check List* 6: 3: 445-446
- Rodrigues LA, Leuchtenberger C, Kasper CB, Carvalho-Junior O, Silva VCF (2013) Avaliação do risco de extinção da Lontra Neotropical. *Biodiversidade Brasileira* 3: 216
- Schipper J, Chanson JS, Chiozza F, Cox NA, Hoffmann M, Katariya V et al. (2008) The status of the world's land and marine mammals: diversity, threat, and knowledge. *Science* 322:5899: 225-230. doi: 10.1126/science.1165115
- Sousa KS, Bastazini VAG, Colares EP (2013) Feeding ecology of the Neotropical otter *Lontra longicaudis* in the lower Arroio Grande river, Southern Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences* 85: 1: 285-294. doi:10.1590/S0001-37652013005000014

- Souto LRA (2012) New occurrence data of Neotropical otters *Lontra longicaudis* (Olfers, 1818), in Bahia State, Northeastern Brazil. *IUCN Otter Specialist Group Bulletin* **29**: 2: 80-94
- Trinca CS, Thoisy B, Rosas FC, Waldemarin HF, Koepfli KP, Vianna JA, Eizirik, E (2012) Phylogeography and demographic history of the Neotropical otter (*Lontra longicaudis*). *Journal of Heredity* 103: 4: 479-492.
doi:10.1093/jhered/ess001
- Trinca CS, Waldemarin HF, Eizirik E (2007) Genetic diversity of the Neotropical otter (*Lontra longicaudis* Olfers, 1818) in Southern and Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 67: 4: 813-818. doi: 10.1590/S1519-69842007000500003
- Valqui J (2012) The marine otter *Lontra felina* (Molina, 1782): A review of its present status and implications for future conservation. *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde* 77: 2: 75-83. doi: 10.1016/j.mambio.2011.08.004
- Van Zyll de Jong CG (1972) A systematic review of the Nearctic and Neotropical River otters (genus *Lutra*, Mustelidae Carnivora). Royal Ontario Museum, Toronto
- Vezzosi RI, Eberhardt AT, Raimondi VB, Gutierrez MF, Pautasso AA (2014) Seasonal variation in the diet of *Lontra longicaudis* in the Paraná River basin, Argentina. *Mammalia* 78: 4: 451-463
- Wilson DE, Mittermeier AR (2009) Handbook of the mammals of the world. Lynx Editions

CAPÍTULO III - Influence of the water quality on the occurrence of the Neotropical otter (*Lontra longicaudis*) (Olfers, 1818) in a human-altered river basin.

Corresponding Author: Lana Resende de Almeida

Bird and Mammal Evolution, Systematics and Ecology Lab, Departamento de Zoologia, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Avenida Bento Gonçalves 9500, Prédio 43435, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

E-mail: lanaresende.bio@gmail.com

Telephone Number: +555133087724

Author: Maria João Ramos Pereira

Bird and Mammal Evolution, Systematics and Ecology Lab, Departamento de Zoologia, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Avenida Bento Gonçalves 9500, Prédio 43435, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

Center for Environmental and Marine Studies, Universidade de Aveiro. Campus Universitário de Santiago, 3810-193, Aveiro, Portugal.

Acknowledgements

We would like to thank all people in BiMaLab for their help during fieldwork and in the lab. Special thanks to Danielle Franco, Guilherme Oyarzabal and Júlia Marques Martins for helping with the fieldwork. This study was carried out with the support of the Post-Graduate Program in Animal Biology of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Lana Resende de Almeida was funded by a scholarship granted

by the National Counsel of Technological and Scientific Development (CNPq) (133583/2015-5).

Abstract

The seeming tolerance of the Neotropical otter, *Lontra longicaudis*, to human-altered environments – at least up to a certain level – does not prevent the species of being under threat in several areas across its distribution range. Data on the conservation status and biological aspects of this species in human-altered environments are still scarce. We evaluated the influence of water quality, vegetation structure, seasonality and stream flow on the occurrence of *L. longicaudis*. Monthly samplings of non-invasive biological material in 16 different regions of the Sinos river basin in Rio Grande do Sul, Brazil, were conducted between January and August 2015. Also, interviews with local residents were made as a complementary method to corroborate the species presence. Otter occurrence was modelled through generalized linear models. Nine new areas of occurrence were detected in the state. Water quality influences the occurrence of *L. longicaudis*; areas with water of better quality presenting significantly higher records than areas with water of lesser quality, while stream flow and sampling month were also relevant in explaining the patterns of occurrence of the species. The Neotropical otter may be used as bioindicator of environmental quality, especially in human-altered environments. The monitoring of water quality is a key tool towards the sustainable management and preservation of riverine ecosystems and their biota.

Keywords: Carnivora, conservation, freshwater, IQA, river otter.

Introduction

Freshwater is a finite resource widely used by human populations – for domestic consumption, agriculture and industry – and is closely associated to the socio-economic development of humankind(Holland 2016).

The evaluation of the quality of water includes measures of physical and chemical (e.g. pH, salinity, oxygen concentration, turbidity), and biological (invertebrate community, thermo-tolerant coliforms) properties of the water, which are under the influence of natural and anthropogenic processes (Bartram & Ballance 1996).

The degradation of freshwater ecosystems is a constant threat to biodiversity, not only because of overexploitation of water, but also because of water pollution that causes alarming levels of eutrophication and changes in the landscape associated with watercourses (Peters & Meybeck 2000). Freshwater systems of human-altered river basins suffer several changes along their course due to domestic, agricultural and industrial waste disposal, water removal for irrigation, silting, and margin deforestation (SEMA-RS 2010). The deforestation of the gallery forest may result in additional disproportionate effects in water quality, because this vegetation acts as an interface between the aquatic and the terrestrial ecosystems, with a direct influence in the energy and matter fluxes between them (Fausch et al. 2010; de Souza et al. 2013). Structured riparian vegetation works as a corridor for the biota, increasing biodiversity at the landscape level, functioning as buffer to severe changes in temperature, and increasing foraging and roosting resource availability and heterogeneity (Lees & Peres 2008; Merritt et al. 2010). This vegetation is also key in maintaining water quality by avoiding surface runoff and bank erosion, retaining sediments and contributing to the transformation of the nutrients that eventually reach the watercourses (Lees & Peres

2008; Merritt et al. 2010; de Souza et al. 2013). So, modifications in the landscape such as reduction in the canopy cover, logging of the gallery forests, and consequent changes in the dynamics of the succession stages of the vegetation after those disturbances may lead to significant decrease of the water quality (de Souza et al. 2013).

The presence of top predators in freshwater ecosystems is positively associated to water quality and margin preservation (Kruuk 2006). Due to their position in the trophic chain, they are much more susceptible to bioaccumulation and biomagnification (Kruuk 2006; Dunstone & Gorman 2007; Ramos-Rosas 2013). However, studies on the effects of the degradation of freshwater systems on the occurrence of those species are scarce (but see Pedroso et al. 2014; Scorpio et al. 2014).

The Neotropical otter *Lontra longicaudis* is a mustelid found across a wide variety of habitats associated to continental waters in the Neotropics. It is considered Near Threatened by the IUCN but with variable conservation status (from Vulnerable to Data Deficient) regionally (Rodrigues et al. 2013). Because it feeds mostly on fishes and crustaceans, it frequently becomes the victim of contamination by heavy metals accumulated along the trophic chain (Ramos-Rosas 2013).

The role of the Neotropical otter as a bioindicator is undefined mainly due to the difficulties of sampling with the species. However, its apparent tolerance to human modified environments, to some degree, is recognized as relevant for environmental quality assessment (Kruuk 2006).

The Sinos river basin, Rio Grande do Sul, Brazil, is one of the most impacted river basins in the entire country. It is widely populated (approximately 2 million people), and harbours the largest industrial park of southern Brazil. Water pollution resulting from untreated domestic and industrial waste disposal and landscape changes

resulting from the implementation of agricultural and livestock production activities, especially in the margins of the watercourses, are permanent threats to freshwater and coastal ecosystems in the region (Feiden & Terra 2009; Blume et al. 2010; Rechenmacher et al. 2010; Scalon et al. 2010).

There is no information on how water quality influences the patterns of occurrence of *L. longicaudis* across its distribution range. With the goal of adding knowledge to the conservation status of the Neotropical otter, as it is one of the least known otter species in the world, this study evaluated how water quality, canopy cover, margin vegetation clutter and stream flow influence the occurrence of *L. longicaudis* in the Sinos river basin. Our hypothesis is that otter occurrence is associated to water quality and vegetation structure, and we predict higher density of records in areas with better water quality and with more structured vegetation.

Methodology

We searched for signs of the Neotropical otter within the Rio dos Sinos river basin (Rio Grande do Sul state, Brazil). We conducted monthly campaigns (from January to August 2015) in four transects of 300-600 m within a 10x10 km grid (Chanin 2003) in three areas characterized by distinct categories of water quality, in a total of 12 sampled plots. These three categories – classes 2, 3 and 4 – correspond to decreasing levels of quality according to the Water Quality Index (WQI) defined by the Brazilian Environmental National Council (CONAMA 2005; COMITESINOS 2014).

Transects were at least 5 km distant from each other. This methodology followed the guidelines of the IUCN Otter Specialist Group (OSG), after a review by Reuther et al. (2002) developed for the detection of European Otter (*Lutra lutra*) signs (Macdonald 1983) and recognized as a standard method for studies with otters. We only used non-invasive methods (direct observation, and detection of signs and pellets).

Additionally, interviews with residents to check for recent sightings of otters and other mammals in the region were made (see Supplementary Material - Interview). In each transect a total of four variables were collected: 1 – water quality class; 2 – flow velocity; 3 – percentage of clutter of the riparian forest in the river margin; and 4 – percentage of canopy cover. These potential predictor variables for the occurrence of *L. longicaudis* were selected based on previous studies describing habitat requirements that influence the presence of this and other otter species (Kruuk 2006; Gomez et al. 2014). Four additional transects were monitored in an unclassified region in terms of water quality.

In each transect, both margin clutter and canopy cover were photographed against the waterline/skyline at 30cm of the margin/ground. These photos were then transformed into black and white images using the software Sidelook v 1.1.01 (Nobis 2005) in order to use the percentage of black pixels as a proxy of vegetation clutter/cover in the margin and the canopy, respectively.

We used generalized linear models (GLM) with a binomial error distribution and logit link function to evaluate which variables – water quality class, margin vegetation clutter, margin canopy cover, velocity of the stream flow and season – best modelled the presence of the Neotropical otter. GLM is a rather versatile technique, least susceptible to over-fitting than other methods (Guisan & Zimmermann 2000) and able to incorporate response variables that are not normally distributed. We used the Akaike's Information Criterion (AIC) and the second-order AIC (AICc) to rank the models, comparing the null model with those with increasing number of predictor variables. The level of significance was set at 0.05. All analyses were done in RStudio Version 099.903 (RStudio Team 2015).

Results

One hundred and ten (110) otter tracks were detected, among footprints, mucous and faeces, and 94 interviews were successfully conducted. Only 34% of these interviews corroborated the direct detection results. Among the 16 sampling points, nine showed evidence of frequent presence of *L. longicaudis* across the 8-months sampling period and were new records for those regions: Caraá (CR1, CR2, CR4) Igrejinha (SG1), Rio da Ilha (SG4), Rolante (RL3, RL6, RL7) and São Leopoldo (JB) (Fig 5; Supplementary Material Table S1).

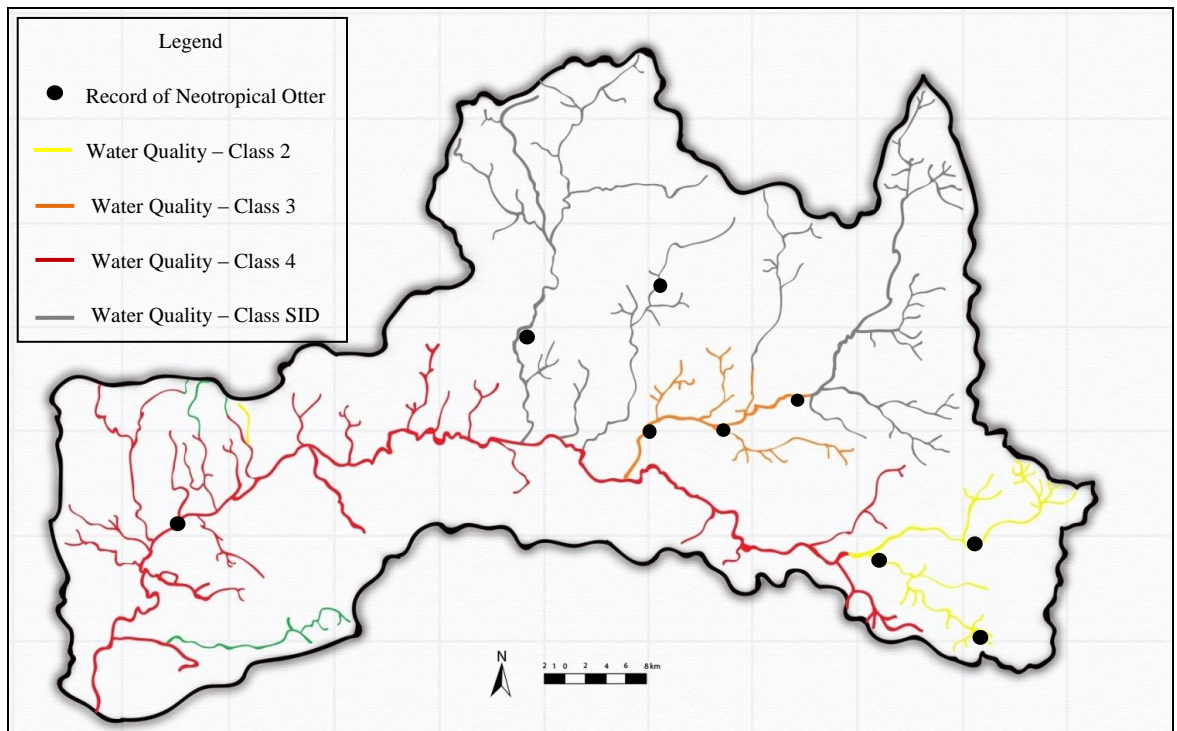


Fig 5 New Neotropical otter records for the Sinos river basin. Colours correspond to water quality classes. A total of 30 models were generated containing all possible combinations for the five landscape variables as predictors of otter occurrence (Supplementary Material Table S2). In the global model (that includes all predictors) only water quality and season were significantly correlated with otter occurrence (Table 1).

Table 1 Global Model generated by GLM explaining otter occurrence. Class – water quality classification (2, 3, 4 and NI – no known classification); Flow – stream flow velocity; Rpf – margin vegetation clutter; Canopy – canopy cover; Month – sampling season (January to August 2015).

| | Estimate | Std.Error | z value | Pr(> z) |
|--------------------|-----------------|------------------|----------------|--------------------|
| (Intercept) | -1.32555 | 1.67168 | -0.793 | 0.4278 |
| Class3 | 0.78773 | 0.69819 | 1.128 | 0.2592 |
| Class4 | -1.79759 | 0.736 | -2.442 | 0.0146 * |
| ClassNI | -1.0241 | 0.75255 | -1.361 | 0.1736 |
| Flow | 0.52381 | 0.27173 | 1.928 | 0.0539 . |
| Rpf | 0.91132 | 0.48757 | 1.869 | 0.0616 . |
| Canopy | -0.01089 | 0.01249 | -0.872 | 0.3832 |
| Monthaug | -1.75321 | 0.9835 | -1.783 | 0.0746 . |
| Monthfeb | -0.80047 | 0.93061 | -0.86 | 0.3897 |
| Monthjan | -2.11198 | 0.98658 | -2.141 | 0.0323 * |
| Monthjul | -1.97996 | 1.00135 | -1.977 | 0.0480 * |
| Monthjun | 0.23457 | 0.95437 | 0.246 | 0.8058 |
| Monthmay | 0.33592 | 0.95127 | 0.353 | 0.724 |
| Monthmar | -2.21131 | 0.99502 | -2.222 | 0.0263 * |

Significance codes: 0 ‘***’; 0.001 ‘**’; 0.01 ‘*’; 0.05 ‘.’; 0.1 ‘ ’.

The best model, however, as identified through AIC and AICc includes water quality, flow and month as variables predicting otter occurrence (Table 2). Additionally, all the better-ranked models included water quality as a significant predictor variable. In Table 3 the summary of the best model is shown; there is a negative relation between otter occurrence and low water quality (class 4), and otter detection was also lower in the months of January, March and July. Flow velocity presented a marginally non-significant positive relation with otter occurrence.

Table 2 Models ranked by AICc and Δ AIC. Class – water quality classification (2, 3, 4 and NI – no known classification); Flow – stream flow velocity; Rpf – margin

vegetation clutter; Canopy – canopy cover; Month – sampling season (January to August 2015).

| Dependent variables | Model (GLM) | AICc | ΔAIC |
|----------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|
| Otter occurrence | Class+Flow+Month | 145.47 | 0 |
| | Class+Flow+Rpf+Canopy+Month | 146.85 | 1.39 |
| | Class+Rpf+Month | 146.67 | 1.2 |
| | Class+Flow+Canopy+Month | 147.97 | 2.5 |
| | Class+Month | 147.23 | 1.77 |
| | Class+Rpf+Canopy+Month | 148.28 | 2.81 |
| | Class+Canopy+Month | 149.69 | 4.23 |
| | Class+Flow+Rpf | 148.1 | 2.64 |
| | Class+Flow | 148.36 | 2.89 |
| | Class+Rpf | 149.01 | 3.55 |
| | Class+Flow+Rpf+Canopy | 149.81 | 4.34 |
| | Class+Rpf+Canopy | 150.46 | 5 |
| | Class | 150.1 | 4.63 |
| | Class+Flow+Canopy | 150.57 | 5.1 |
| | Flow+Rpf+Canopy+Month | 153.82 | 8.36 |
| | Class+Canopy | 152.27 | 6.8 |
| | Rpf+Canopy+Month | 157.68 | 12.22 |
| | Flow+Rpf+Canopy | 156.66 | 11.19 |
| | Rpf+Month | 158.93 | 13.46 |
| | Flow+Rpf | 157.69 | 12.22 |
| | Rpf+Canopy | 158.2 | 12.73 |
| | Rpf | 159.38 | 13.91 |
| | Flow+Month | 165.51 | 20.05 |
| | Flow+Canopy+Month | 167.63 | 22.16 |
| | Flow | 166.55 | 21.09 |
| | Flow+Canopy | 168.46 | 22.99 |
| | Month | 171.1 | 25.64 |
| | NULL | 170.64 | 25.17 |
| | Canopy+Month | 173.2 | 27.73 |
| | Canopy | 172.54 | 27.08 |

Table 3 Summary of the best model generated by GLM. Class – water quality classification (2, 3, 4 and NI – unknown classification); Flow – stream flow velocity; Month – sampling

season (January to August 2015).

| | Estimate | Std.Error | z value | Pr(> z) |
|--------------------|-----------------|------------------|----------------|--------------------|
| (Intercept) | 0.9538 | 0.9609 | 0.993 | 0.320911 |
| Class3 | 0.6296 | 0.6799 | 0.926 | 0.354439 |
| Class4 | -2.2772 | 0.6844 | -3.328 | 0.000876 *** |
| ClassNI | -1.7133 | 0.6119 | -2.8 | 0.005112 ** |
| Flow | 0.5153 | 0.2689 | 1.917 | 0.055288 . |
| Monthaug | -1.7148 | 0.9624 | -1.782 | 0.074790 . |
| Monthfeb | -0.9302 | 0.911 | -1.021 | 0.307213 |
| Monthjan | -2.1972 | 0.9659 | -2.275 | 0.022926 * |
| Monthjul | -1.9671 | 0.9872 | -1.993 | 0.046307 * |
| Monthjun | 0.1795 | 0.9303 | 0.193 | 0.846964 |
| Monthmay | 0.2104 | 0.9276 | 0.227 | 0.820562 |
| Monthmar | -2.0883 | 0.9574 | -2.181 | 0.029160 * |

Significance codes: 0 '***'; 0.001 '**'; 0.01 '*'; 0.05 '.'; 0.1 ' '.

Discussion

To our knowledge this is the first study evaluating the influence of water quality on the occurrence of *L. longicaudis*. This variable was included in all the best-ranked models, suggesting that it is indeed important in explaining the occurrence of this semi-aquatic mustelid species. Our results suggests that, up to a certain level, the otter is tolerant to some degradation in water quality, as we found no significant differences in otter occurrence between areas under classes 2 and 3. However, below a certain threshold of water quality there seems to be a negative response of the Neotropical otter as occurrence was significantly lower in class 4 water quality areas.

Additionally, areas of low water quality in the Sinos river basin are closely associated with higher levels of urbanization and industrialization, where the high density of human population may inhibit the permanence of the individuals, even if they

use these river stretches as corridors between less human-altered river environments where they roost and forage. Additionally, those transects located in the proximity of largely industrialized regions have systematically presented indicators of trophic state in hypereutrophic conditions (ANA 2012). Even if highly eutrophic environments are more productive, the quantity of decomposing organic matter and episodes of algae upwelling increase water turbidity eventually affecting foraging by otters (Nogueira et al. 2016). Also, the high concentration of organic matter leads to a decrease in the availability of dissolved oxygen in the water, eventually reducing the diversity and abundance of potential otter preys, such as fishes and macroinvertebrates (Damanik-Ambarita et al. 2016; Papadaki et al. 2016). In fact, critical episodes of fish fatality in the Sinos river basin due to illegal discharge of toxic waste are far from uncommon; the last large incident occurred in 2006 and resulted in tons of dead fish (Nascimento & Naime 2009). All these factors together may thus reduce the use, permanence and detection of the otter in areas of lower water quality.

In other otter species, in particular the Eurasian otter *Lutra lutra*, the constraints for their permanence in eutrophic environments seem to be associated to water quantity and watercourse margin vegetation complexity (Pedroso et al. 2014) and, supporting our results, also to water quality (Scorpio et al. 2014). In fact, margin preservation seems to have multiple positive effects: well-preserved margins confer better resting and reproduction sites (Chanin 2003; Kruuk 2006; Scorpio et al. 2014), tend to increase water quality by reinforcing the productivity of the ecosystem, besides contributing to the connectivity between basins (Scorpio et al. 2014).

Otter detection was significantly lower in January, March and July possibly due to extreme climatic events in those months in 2015. Indeed, these were months of heavy rain, so it is rather possible for otter tracks to have been removed from the

margins before sampling. There was a tendency, while marginally non-significant, for higher otter occurrence in areas of stronger flow. This is probably due to the fact that territory marking by the Neotropical otter was, during our sampling, usually done in visible sites, in conditions of strong flow, and frequently in large rocks.

We did not find any significant relation between otter occurrence and gallery vegetation clutter or canopy cover. According to de Souza et al. (2013) gallery vegetation acts as a buffer to the disturbance suffered by freshwater systems or bordering environments. Still, most studies that evaluate the influence of these factors in other aspects of biodiversity use categorical variables such as forested versus deforested areas, not taking into consideration different phytophysiognomies and succession stages of the studied regions. In our case, it is possible that the variation between more open and more cluttered environments was too low to result in any visible influence in otter occurrence. Other more disturbed margins, with lower levels of canopy cover and more altered margins should be added to our samples in the future to check this hypothesis.

In conclusion, water quality does indeed influence otter occurrence and may, in the long run, affect the distribution of this semiaquatic predator, putting at risk the stability of the entire trophic cascade beneath. Highly eutrophic watercourses may lead to local otter extinction, by restricting the occurrence of the species to more preserved areas, and leading to population isolation.

The monitoring of water quality is certainly a fundamental tool in the management of riverine systems, contributing to the planning and implementation of more sustainable water uses and, consequently, to the preservation of freshwater ecosystems.

We strongly suggest the implementation of water treatment plans across the entire Sinos river basin, and in the whole of Brazil for that matter, as a means to halt

water degradation. Experiences towards the rehabilitation of wetlands, and freshwater, estuarine and coastal systems, by means of habitat restoration and waste treatment, have resulted in a partial recovery of the biodiversity in those areas (Yüksek et al. 2006; Meli et al. 2014). Although the occurrence of the species does not mean that the population is not being affected, because reproductive problems due to accumulation of pollutants and heavy metals, for example, may be occurring. This shows that, at least to a certain level, biodiversity is tolerant and the populations of water-dependent species are able to recover, even if not to a full extent, to levels similar to those previous to the severe modifications in the environment. Together with effective preservation of watercourse margins and planning at the urban, rural and industrial levels, this is part of the way for sustainable development and biodiversity preservation in freshwater ecosystems.

References

- Agência Nacional de Águas - ANA (2012) Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil. Agência Nacional de Águas – Brasília ISBN: 978-85-8210-007-3
- Bartram J, Balance R (1996) Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes. CRC Press.

- Blume KK, Macedo JC, Meneguzzi A, Silva LB, Quevedo DM, Rodrigues MAS (2010) Water quality assessment of the Sinos River Southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 70: 4 : 1185-1193. doi: 10.1590/S1519-69842010000600008
- Chanin PRF (2003) Monitoring the otter *Lutra lutra*. *Conserving Natura 2000 Rivers Monitoring Series* 10:1-43
- Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos - COMITESINOS (2014) Deliberação CBHSINOS042/2014 – Da definição do Enquadramento das Águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Relatório Técnico 2 - RT2 Fase B: Complementação do Enquadramento
- Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2005) Resolução CONAMA Nº357/2005- “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências.” Ministério do Meio Ambiente. Diário Oficial da União 53: 58-63
- Damanik-Ambarita M N, Lock K, Boets P et al. (2016) Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *Limnologica Ecology and Management of Inland Waters* 57:27-59. doi: 10.1016/j.limno.2016.01.001
- de Souza A L, Fonseca DG, Libório RA, Tanaka MO (2013) Influence of riparian vegetation and forest structure on the water quality of rural low-order streams in SE Brazil. *Forest Ecology and Management* 298: 12-18. doi:10.1016/j.foreco.2013.02.022
- Dunstone N, Gorman M L (2007). *Behaviour and ecology of riparian mammals*. Cambridge University Press.

- Fausch KD, Baxter CV, Murakami M (2010) Multiple stressors in north temperate streams: lessons from linked forest–stream ecosystems in northern Japan. *Freshwater Biology* 55:1: 120–134. doi 10.1111/j.1365-2427.2009.02378.x.
- Gomez JJ, Túnez JI, Fracassi N, Cassini MH (2014) Habitat suitability and anthropogenic correlates of Neotropical river otter (*Lontra longicaudis*) distribution. *Journal of Mammalogy* 95:4: 824-833. doi: 10.1644/13-MAMM-A-265
- Guisan A, Zimmermann NE (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modeling* 135:2:147-186. doi: 10.1016/S0304-3800(00)00354-9
- Holland A (2016) Bridging aquatic and terrestrial ecosystems: ecology of semi-aquatic mammals in Southern Illinois. Thesis. Southern Illinois University Carbondale
- Kruuk H (2006) Otters: ecology, behaviour and conservation. Oxford University Press, Oxford
- Lees AC, Peres CA (2008) Conservation value of remnant riparian forest corridors of varying quality for Amazonian birds and mammals. *Conservation Biology* 22: 439–449. doi: 10.1111/j.1523-1739.2007.00870.x
- MacDonald SM (1983) The status of the otter (*Lutra lutra*) in the British Isles. *Mammal Review* 13: 1:11-23
- Meli P, Benayas JMR, Balvanera P, Ramos MM (2014) Restoration enhances wetland biodiversity and ecosystem service supply, but results are context-dependent: a meta-analysis. *PloSOne* 9:4: e93507. doi: 10.1371/journal.pone.0093507

- Merritt DM, Scott ML, Poff NL, Auble GT, Lytle DA (2010) Theory, methods and tools for determining environmental flows for riparian vegetation: riparian vegetation-flow response guilds *Freshwater Biology* 55:1:206-225. doi 10.1111/j.1365-2427.2009.02206.x
- Nascimento CA, Naime R (2009) Panorama do uso, distribuição e contaminação das águas superficiais no Arroio Pampa na bacia do Rio dos Sinos. *Estudos Tecnológicos* 5: 1:101-120. doi: 10.4013/ete.2009.51.08 ISSN 1808-7310
- Nobis M (2005) SideLook 1.101 - Imaging software for the analysis of vegetation structure with true-colour photographs. <http://www.appleco.ch>.
- Nogueira PF, Cabral JBP, Oliveira S F, da Rocha IR (2016) Eutrofização no reservatório da UHE foz do Rio Claro (GO). *Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo* 30: 019-033. doi: 10.11606/rdg.v30i0.90090
- Papadaki K, Chatzinikolaou Y, Lazaridou M, Ioannou A, Artemiadou V (2016) Water quality evaluation of the middle and lower reaches of Pinios river based on benthic macroinvertebrates and physicochemical parameters during the low flow and high flow season. *8ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας* 897-901
- Pedroso NM, Marques TA, Santos-Reis M (2014) The response of otters to environmental changes imposed by the construction of large dams. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 24:1: 66–80. doi:10.1002/aqc.2379
- Peters NE, Meybeck M (2000) Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts of human activities. *Water International* 25: 2:185-193

- Ramos-Rosas NN, Valdespino C, García-Hernández J, Gallo-Reynoso JP, Olguín EJ (2013). Heavy metals in the habitat and throughout the food chain of the Neotropical otter, *Lontra longicaudis*, in protected Mexican wetlands. *Environmental monitoring and assessment* 185:2:1163-1173. doi:10.1007/s10661-012-2623-z
- Rechenmacher C, Siebel AM, Goldoni A, Klauck CR, et al. (2010) A multibiomarker approach in rats to assess the impact of pollution on Sinos River, Southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 70:4: 1223-1230. doi: 10.1590/S1519-69842010000600012
- Reuther C, Dolch D, Green R, Jahrl J, Jeffereies DJ, et al. (2002) Surveying and monitoring distribution and population trends of the Eurasian otter (*Lutra lutra*): guidelines and evaluation of the standard method for surveys as recommended by the European section of the IUCN/SSC Otter Specialist Group. *Habitat* 12
- Rodrigues LA, Leuchtenberger C, Kasper CB, Carvalho-Junior O, Silva VCF (2013) Avaliação do risco de extinção da Lontra Neotropical. *Biodiversidade Brasileira* 3: 216
- RStudio Team (2015) RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston MA <http://www.rstudio.com/>
- Scalon MCS, Rechenmacher C, Siebel AM et al. (2010) Evaluation of Sinos River water genotoxicity using the comet assay in fish. *Brazilian Journal of Biology* 70: 4: 1217-1222. doi: 10.1590/S1519-69842010000600011.
- Scorpio V, Loy A, Di Febbraro M, et al. (2014) Hydromorphology meets mammal ecology: river morphological quality, recent channel adjustments and otter

resilience. *River Research and Applications* 32: 3: 267-279.

doi: 10.1002/rra.2848

Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Rio Grande do Sul - SEMA-RS. *Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos* (2010) Departamento de Recursos Hídricos. <http://www.sema.rs.gov.br/recursos-hidricos>. Accessed 28 May 2016

Yüksek A, Erdoğan Okuş E, Yılmaz IN et al. (2006) Changes in biodiversity of the extremely polluted Golden Horn Estuary following the improvements in water quality. *Marine Pollution Bulletin* 52: 10: 1209–1218.
doi:10.1016/j.marpolbul.2006.02.006

Supplementary Material

Table S1 Id and location of the sampling points.

| Site | Latitude | Longitude | Location | Class |
|-------|---------------|---------------|---|-------|
| CB2 | 29°41'50.15"S | 51° 3'7.49"W | Campo Bom, Rio Grande do Sul, Brasil. | 4 |
| CR1 | 29°47'35.59"S | 50°26'42.68"W | Caraá, Rio Grande do Sul, Brasil. | 2 |
| CR2 | 29°49'47.38"S | 50°23'20.96"W | Caraá, Rio Grande do Sul, Brasil. | 2 |
| CR3 | 29°48'32.00"S | 50°20'22.35"W | Rio do Meio, Rio Grande do Sul, Brasil. | 2 |
| CR4 | 29°45'31.38"S | 50°22'48.23"W | Caraá, Rio Grande do Sul, Brasil. | 2 |
| DAUTZ | 29°44'5.02"S | 51°5'11.23"W | São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil. | 4 |
| JB | 29°45'36.70"S | 51° 8'5.90"W | São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil. | 4 |
| RL2 | 29°41'17.19"S | 50°41'6.47"W | Rolante, Rio Grande do Sul, Brasil. | 3 |
| RL3 | 29°39'35.12"S | 50°38'25.18"W | Rolante, Rio Grande do Sul, Brasil. | 3 |
| RL6 | 29°39'28.07"S | 50°34'0.94"W | Rolante, Rio Grande do Sul, Brasil. | 3 |
| RL7 | 29°38'48.84"S | 50°31'10.39"W | Rolante, Rio Grande do Sul, Brasil. | 3 |
| SG1 | 29°27'32.16"S | 50°45'31.07"W | Três Coroas, Rio Grande do Sul, Brasil. | SID |
| SG2 | 29°32'42.15"S | 50°46'45.48"W | Igrejinha, Rio Grande do Sul, Brasil. | SID |
| SG3 | 29°41'7.88"S | 50°48'35.25"W | Taquara, Rio Grande do Sul, Brasil. | SID |
| SG4 | 29°34'47.38"S | 50°41'34.44"W | Rio da Ilha, Rio Grande do Sul, Brasil. | SID |
| ZOO | 29°47'41.65"S | 51°11'12.59"W | Sapucaia do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. | 4 |

Table S2 Summary of the 30 GLM. Class – water quality classification (2, 3, 4 and NI – no known classification); Flow – streamflow velocity; Rpf – margin vegetation clutter; Canopy – canopy cover; Month – sampling season (January to August 2015).

| GLM Models | | Estimate | Std.Error | z value | Pr(> z) |
|---------------|-------------|----------|-----------|---------|----------|
| Null | (Intercept) | 0,1313 | 0,1815 | 0,724 | 0,469 |
| Global | (Intercept) | -1,32555 | 1,67168 | -0,793 | 0,4278 |
| | class3 | 0,78773 | 0,69819 | 1,128 | 0,2592 |
| | class4 | -1,79759 | 0,736 | -2,442 | 0.0146 * |
| | classSID | -1,0241 | 0,75255 | -1,361 | 0,1736 |
| | Flow | 0,52381 | 0,27173 | 1,928 | 0.0539 . |
| | Rpf | 0,91132 | 0,48757 | 1,869 | 0.0616 . |
| | canopy | -0,01089 | 0,01249 | -0,872 | 0,3832 |
| | monthaug | -1,75321 | 0,9835 | -1,783 | 0.0746 . |
| | monthfeb | -0,80047 | 0,93061 | -0,86 | 0,3897 |

| | | | | | |
|------------------------------|-------------|------------|-----------|--------|------------|
| | monthjan | -2,11198 | 0,98658 | -2,141 | 0.0323 * |
| | monthjul | -1,97996 | 1,00135 | -1,977 | 0.0480 * |
| | monthjun | 0,23457 | 0,95437 | 0,246 | 0,8058 |
| | monthmay | 0,33592 | 0,95127 | 0,353 | 0,724 |
| | monthmar | -2,21131 | 0,99502 | -2,222 | 0.0263 * |
| Class | (Intercept) | 0,7885 | 0,3814 | 2,067 | 0.03870 * |
| | class3 | 0,7802 | 0,6222 | 1,254 | 0,20988 |
| | class4 | -1,7535 | 0,564 | -3,109 | 0.00188 ** |
| | classSID | -1,4351 | 0,5329 | -2,693 | 0.00708 ** |
| Class + Flow | (Intercept) | -0,06652 | 0,60379 | -0,11 | 0,91227 |
| | class3 | 0,66202 | 0,63464 | 1,043 | 0,29688 |
| | class4 | -1,82758 | 0,59006 | -3,097 | 0.00195 ** |
| | classSID | -1,41216 | 0,53889 | -2,62 | 0.00878 ** |
| | Flow | 0,41603 | 0,23632 | 1,76 | 0,07833 |
| Class+Flow+RPF | (Intercept) | -1,9786 | 1,3835 | -1,43 | 0,1527 |
| | class3 | 0,8174 | 0,6563 | 1,245 | 0,213 |
| | class4 | -1,5625 | 0,6133 | -2,548 | 0.0108 * |
| | classSID | -0,7774 | 0,6733 | -1,155 | 0,2483 |
| | Flow | 0,4081 | 0,2365 | 1,726 | 0.0844 . |
| | Rpf | 0,6062 | 0,3984 | 1,522 | 0,1281 |
| Class+Flow+RPF+Canopy | (Intercept) | -1,933946 | 1,392734 | -1,389 | 0,165 |
| | class3 | 0,806892 | 0,652072 | 1,237 | 0,2159 |
| | class4 | -1,429218 | 0,638328 | -2,239 | 0.0252 * |
| | classSID | -0,803502 | 0,679092 | -1,183 | 0,2367 |
| | Flow | 0,392012 | 0,235484 | 1,665 | 0.0960 . |
| | Rpf | 0,759595 | 0,452105 | 1,68 | 0.0929 . |
| | canopy | -0,008168 | 0,011102 | -0,736 | 0,4619 |
| Class+Flow+Canopy | (Intercept) | -0,1233217 | 0,8800792 | -0,14 | 0,88856 |
| | class3 | 0,6639029 | 0,634929 | 1,046 | 0,29573 |
| | class4 | -1,8352993 | 0,5964755 | -3,077 | 0.00209 ** |
| | classSID | -1,3928554 | 0,5805845 | -2,399 | 0.01644 * |
| | Flow | 0,4178417 | 0,2373729 | 1,76 | 0.07836 . |
| | canopy | 0,0008584 | 0,0096718 | 0,089 | 0,92928 |

| | | | | | |
|--------------------------------|-------------|-----------|----------|--------|--------------|
| Class+Flow+Canopy+Month | (Intercept) | 0,885096 | 1,174772 | 0,753 | 0,451198 |
| | class3 | 0,630511 | 0,679837 | 0,927 | 0,353696 |
| | class4 | -2,286927 | 0,691123 | -3,309 | 0.000936 *** |
| | classSID | -1,689802 | 0,653719 | -2,585 | 0.009741 ** |
| | Flow | 0,51731 | 0,269751 | 1,918 | 0.055145 . |
| | canopy | 0,001069 | 0,010532 | 0,101 | 0,919178 |
| | monthaug | -1,712642 | 0,96231 | -1,78 | 0.075122 . |
| | monthfeb | -0,92872 | 0,910952 | -1,02 | 0,307963 |
| | monthjan | -2,194357 | 0,965985 | -2,272 | 0.023109 * |
| | monthjul | -1,972491 | 0,989307 | -1,994 | 0.046173 * |
| | monthjun | 0,178344 | 0,930347 | 0,192 | 0,84798 |
| | monthmay | 0,207143 | 0,928341 | 0,223 | 0,823432 |
| | monthmar | -2,094436 | 0,959523 | -2,183 | 0.029051 * |
| Class+Flow+Month | (Intercept) | 0,9538 | 0,9609 | 0,993 | 0,320911 |
| | class3 | 0,6296 | 0,6799 | 0,926 | 0,354439 |
| | class4 | -2,2772 | 0,6844 | -3,328 | 0.000876 *** |
| | classSID | -1,7133 | 0,6119 | -2,8 | 0.005112 ** |
| | Flow | 0,5153 | 0,2689 | 1,917 | 0.055288 . |
| | monthaug | -1,7148 | 0,9624 | -1,782 | 0.074790 . |
| | monthfeb | -0,9302 | 0,911 | -1,021 | 0,307213 |
| | monthjan | -2,1972 | 0,9659 | -2,275 | 0.022926 * |
| | monthjul | -1,9671 | 0,9872 | -1,993 | 0.046307 * |
| | monthjun | 0,1795 | 0,9303 | 0,193 | 0,846964 |
| | monthmay | 0,2104 | 0,9276 | 0,227 | 0,820562 |
| | monthmar | -2,0883 | 0,9574 | -2,181 | 0.029160 * |
| Class+Rpf+Month | (Intercept) | -0,1525 | 1,5428 | -0,099 | 0,9213 |
| | class3 | 1,0228 | 0,6874 | 1,488 | 0,1368 |
| | class4 | -1,8207 | 0,6739 | -2,702 | 0.0069 ** |
| | classSID | -1,0556 | 0,7386 | -1,429 | 0,1529 |
| | Rpf | 0,6739 | 0,422 | 1,597 | 0,1103 |
| | monthaug | -1,5406 | 0,9165 | -1,681 | 0.0928 . |
| | monthfeb | -1,0492 | 0,9116 | -1,151 | 0,2497 |
| | monthjan | -2,2163 | 0,9535 | -2,324 | 0.0201 * |

| | | | | | |
|-------------------------------|-------------|------------|-----------|--------|------------|
| | monthjul | -1,6884 | 0,9185 | -1,838 | 0.0660 . |
| | monthjun | 0,2296 | 0,9199 | 0,25 | 0,8029 |
| | monthmay | 0,2526 | 0,9252 | 0,273 | 0,7848 |
| | monthmar | -2,1585 | 0,962 | -2,244 | 0.0249 * |
| Class+Rpf | (Intercept) | -1,198 | 1,3129 | -0,912 | 0,3615 |
| | class3 | 0,9377 | 0,6445 | 1,455 | 0,1457 |
| | class4 | -1,4387 | 0,5885 | -2,445 | 0.0145 * |
| | classSID | -0,7869 | 0,6665 | -1,181 | 0,2378 |
| | Rpf | 0,6272 | 0,4026 | 1,558 | 0,1192 |
| Class+Rpf+Canopy | (Intercept) | -1,173054 | 1,323299 | -0,886 | 0,3754 |
| | class3 | 0,947097 | 0,638753 | 1,483 | 0,1381 |
| | class4 | -1,283012 | 0,613842 | -2,09 | 0.0366 * |
| | classSID | -0,813847 | 0,672484 | -1,21 | 0,2262 |
| | Rpf | 0,799889 | 0,452155 | 1,769 | 0.0769 . |
| | canopy | -0,009568 | 0,011056 | -0,865 | 0,3868 |
| Class+Rpf+Canopy+Month | (Intercept) | -0,16199 | 1,55716 | -0,104 | 0,9171 |
| | class3 | 1,04785 | 0,68318 | 1,534 | 0,1251 |
| | class4 | -1,63593 | 0,69909 | -2,34 | 0.0193 * |
| | classSID | -1,0909 | 0,74367 | -1,467 | 0,1424 |
| | Rpf | 0,89023 | 0,48387 | 1,84 | 0.0658 . |
| | canopy | -0,01158 | 0,01234 | -0,939 | 0,348 |
| | monthaug | -1,56757 | 0,9252 | -1,694 | 0.0902 . |
| | monthfeb | -1,02725 | 0,91908 | -1,118 | 0,2637 |
| | monthjan | -2,20243 | 0,9591 | -2,296 | 0.0217 * |
| | monthjul | -1,65889 | 0,92072 | -1,802 | 0.0716 . |
| | monthjun | 0,27405 | 0,93276 | 0,294 | 0,7689 |
| | monthmay | 0,31193 | 0,9352 | 0,334 | 0,7387 |
| | monthmar | -2,13707 | 0,96645 | -2,211 | 0.0270 * |
| Class+Canopy | (Intercept) | 0,8317208 | 0,7022524 | 1,184 | 0,23627 |
| | class3 | 0,780651 | 0,6222704 | 1,255 | 0,20965 |
| | class4 | -1,7468514 | 0,5712218 | -3,058 | 0.00223 ** |
| | classSID | -1,4502826 | 0,5720654 | -2,535 | 0.01124 * |
| | canopy | -0,0007138 | 0,0097228 | -0,073 | 0,94147 |

| | | | | | |
|------------------------------|-------------|------------|-----------|--------|--------------|
| Class+ Canopy+Month | (Intercept) | 2,0593416 | 1,0047744 | 2,05 | 0.04041 * |
| | class3 | 0,8716705 | 0,6639274 | 1,313 | 0,18922 |
| | class4 | -2,1505276 | 0,6542466 | -3,287 | 0.00101 ** |
| | classSID | -1,7679536 | 0,6455466 | -2,739 | 0.00617 ** |
| | canopy | -0,0005272 | 0,0105703 | -0,05 | 0,96022 |
| | monthaug | -1,6020465 | 0,8997063 | -1,781 | 0.07497 . |
| | monthfeb | -1,1728601 | 0,9032594 | -1,298 | 0,19412 |
| | monthjan | -2,3084466 | 0,9404152 | -2,455 | 0.01410 * |
| | monthjul | -1,6817619 | 0,9135628 | -1,841 | 0.06564 . |
| | monthjun | 0,2113238 | 0,9152433 | 0,231 | 0,8174 |
| | monthmay | 0,1942153 | 0,9182385 | 0,212 | 0,83249 |
| | monthmar | -2,0735253 | 0,9329053 | -2,223 | 0.02624 * |
| Class+Month | (Intercept) | 2,028 | 0,783 | 2,59 | 0.009594 ** |
| | class3 | 0,8709 | 0,6637 | 1,312 | 0,18946 |
| | class4 | -2,1555 | 0,6468 | -3,333 | 0.000861 *** |
| | classSID | -1,7568 | 0,6054 | -2,902 | 0.003708 ** |
| | monthaug | -1,6018 | 0,8995 | -1,781 | 0.074956 . |
| | monthfeb | -1,1726 | 0,9031 | -1,298 | 0,194166 |
| | monthjan | -2,3077 | 0,9401 | -2,455 | 0.014100 * |
| | monthjul | -1,6836 | 0,9129 | -1,844 | 0.065153 . |
| | monthjun | 0,2108 | 0,9151 | 0,23 | 0,817809 |
| | monthmay | 0,1932 | 0,918 | 0,21 | 0,833352 |
| | monthmar | -2,0757 | 0,9321 | -2,227 | 0.025945 * |
| Flow | (Intercept) | -0,7878 | 0,4802 | -1,641 | 0,1009 |
| | Flow | 0,4271 | 0,2044 | 2,089 | 0.0367 * |
| Flow+Rpf | (Intercept) | -3,2608 | 0,9391 | -3,472 | 0.000516 *** |
| | Flow | 0,4074 | 0,2148 | 1,897 | 0.057839 . |
| | Rpf | 0,9198 | 0,2959 | 3,108 | 0.001884 ** |
| Flow+Rpf+Canopy | (Intercept) | -3,290646 | 0,954322 | -3,448 | 0.000564 *** |
| | Flow | 0,400057 | 0,213615 | 1,873 | 0.061097 . |
| | Rpf | 1,287991 | 0,375729 | 3,428 | 0.000608 *** |
| | canopy | -0,017138 | 0,009812 | -1,747 | 0.080716 . |
| Flow+Rpf+Canopy+Month | (Intercept) | -3,378 | 1,20923 | -2,794 | 0.005214 ** |

| | | | | | |
|--------------------------|-------------|-----------|----------|--------|--------------|
| | Flow | 0,61263 | 0,2565 | 2,388 | 0.016919 * |
| Flow+Canopy | Rpf | 1,5129 | 0,41259 | 3,667 | 0.000246 *** |
| | canopy | -0,02056 | 0,01083 | -1,898 | 0.057719 . |
| | monthaug | -1,47439 | 0,89422 | -1,649 | 0.099190 . |
| | monthfeb | -0,43228 | 0,85648 | -0,505 | 0,613757 |
| | monthjan | -1,56262 | 0,87568 | -1,784 | 0.074349 . |
| | monthjul | -1,80449 | 0,91012 | -1,983 | 0.047401 * |
| | monthjun | 0,32974 | 0,89891 | 0,367 | 0,713752 |
| | monthmay | 0,5357 | 0,91454 | 0,586 | 0,558039 |
| | monthmar | -1,95797 | 0,91259 | -2,145 | 0.031913 * |
| | (Intercept) | -0,975464 | 0,639744 | -1,525 | 0,1273 |
| Flow+Canopy+Month | Flow | 0,426658 | 0,205031 | 2,081 | 0.0374 * |
| | canopy | 0,003324 | 0,00745 | 0,446 | 0,6555 |
| | (Intercept) | -0,594338 | 0,907966 | -0,655 | 0,5127 |
| | Flow | 0,591451 | 0,239298 | 2,472 | 0.0135 * |
| | canopy | 0,0041 | 0,007999 | 0,513 | 0,6083 |
| | monthaug | -1,270235 | 0,811773 | -1,565 | 0,1176 |
| | monthfeb | -0,518201 | 0,806581 | -0,642 | 0,5206 |
| | monthjan | -1,530514 | 0,822669 | -1,86 | 0.0628 . |
| | monthjul | -1,676333 | 0,831306 | -2,017 | 0.0437 * |
| | monthjun | 0,238929 | 0,843343 | 0,283 | 0,7769 |
| Flow+Month | monthmay | 0,294898 | 0,858626 | 0,343 | 0,7313 |
| | monthmar | -1,685 | 0,827028 | -2,037 | 0.0416 * |
| | (Intercept) | -0,375 | 0,8005 | -0,468 | 0,6394 |
| | Flow | 0,5922 | 0,2386 | 2,482 | 0.0131 * |
| | monthaug | -1,2673 | 0,8094 | -1,566 | 0,1174 |
| | monthfeb | -0,514 | 0,806 | -0,638 | 0,5236 |
| | monthjan | -1,5271 | 0,8213 | -1,859 | 0.0630 . |
| | monthjul | -1,6488 | 0,8267 | -1,994 | 0.0461 * |
| | monthjun | 0,2451 | 0,8431 | 0,291 | 0,7712 |
| | monthmay | 0,3236 | 0,8578 | 0,377 | 0,7059 |
| Rpf | monthmar | -1,6616 | 0,8254 | -2,013 | 0.0441 * |
| | (Intercept) | -2,4654 | 0,8297 | -2,971 | 0.00296 ** |

| | | | | | |
|-------------------------|-------------|-----------|----------|--------|--------------|
| | Rpf | 0,9545 | 0,2984 | 3,199 | 0.00138 ** |
| Rpf+Canopy | (Intercept) | -2,50929 | 0,848026 | -2,959 | 0.003087 ** |
| | Rpf | 1,323646 | 0,375179 | 3,528 | 0.000419 *** |
| | canopy | -0,017198 | 0,009682 | -1,776 | 0.075690 . |
| Rpf+Canopy+Month | (Intercept) | -2,06239 | 1,06071 | -1,944 | 0.051853 . |
| | Rpf | 1,51285 | 0,41088 | 3,682 | 0.000231 *** |
| | canopy | -0,01963 | 0,01058 | -1,855 | 0.063556 . |
| | monthaug | -1,27109 | 0,83715 | -1,518 | 0,128924 |
| | monthfeb | -0,7411 | 0,83192 | -0,891 | 0,373021 |
| | monthjan | -1,6901 | 0,85261 | -1,982 | 0.047449 * |
| | monthjul | -1,48094 | 0,84692 | -1,749 | 0.080358 . |
| | monthjun | 0,24193 | 0,87352 | 0,277 | 0,781806 |
| | monthmay | 0,27471 | 0,8832 | 0,311 | 0,755769 |
| | monthmar | -1,91626 | 0,88081 | -2,176 | 0.029587 * |
| Rpf+Month | (Intercept) | -1,9271 | 1,0314 | -1,868 | 0.061710 . |
| | Rpf | 1,0829 | 0,3207 | 3,377 | 0.000734 *** |
| | monthaug | -1,2492 | 0,8245 | -1,515 | 0,129723 |
| | monthfeb | -0,7918 | 0,8234 | -0,962 | 0,336236 |
| | monthjan | -1,7323 | 0,8486 | -2,041 | 0.041221 * |
| | monthjul | -1,5529 | 0,8325 | -1,865 | 0.062129 . |
| | monthjun | 0,1355 | 0,8551 | 0,158 | 0,874127 |
| | monthmay | 0,1033 | 0,8645 | 0,119 | 0,904923 |
| | monthmar | -1,9688 | 0,87 | -2,263 | 0.023634 * |
| Canopy | (Intercept) | -0,036719 | 0,457428 | -0,08 | 0,936 |
| | Canopy | 0,002932 | 0,007331 | 0,4 | 0,689 |
| Canopy+Month | (Intercept) | 0,804049 | 0,721154 | 1,115 | 0,2649 |
| | Canopy | 0,003811 | 0,007842 | 0,486 | 0,627 |
| | monthaug | -1,271356 | 0,772471 | -1,646 | 0.0998 . |
| | monthfeb | -0,880081 | 0,781138 | -1,127 | 0,2599 |
| | monthjan | -1,708721 | 0,801562 | -2,132 | 0.0330 * |
| | monthjul | -1,439936 | 0,789096 | -1,825 | 0.0680 . |
| | monthjun | 0,08165 | 0,821989 | 0,099 | 0,9209 |
| | monthmay | -0,020492 | 0,82757 | -0,025 | 0,9802 |

| | | | | | |
|--------------|-------------|-----------|----------|--------|----------|
| | monthmar | -1,728083 | 0,80318 | -2,152 | 0.0314 * |
| Month | (Intercept) | 1,01E+03 | 5,84E+02 | 1.733 | 0.0832 . |
| | monthaug | -1,26E+03 | 7,71E+02 | -1.637 | 0.1015 |
| | monthfeb | -8,78E+02 | 7,80E+02 | -1.125 | 0.2604 |
| | monthjan | -1,71E+03 | 8,01E+02 | -2.129 | 0.0332 * |
| | monthjul | -1,42E+03 | 7,87E+02 | -1.802 | 0.0716 . |
| | monthjun | 8,70E+01 | 8,21E+02 | 0.106 | 0.9156 |
| | monthmay | 3,60E-14 | 8,26E+02 | 0.000 | 10.000 |
| | monthmar | -1,71E+03 | 8,01E+02 | -2.129 | 0.0332 * |

Significance codes: 0 ‘***’; 0.001 ‘**’; 0.01 ‘*’; 0.05 ‘.’; 0.1 ‘ ’.

Interview to the local residents and associated figure plates

Interview number:

Personal Information

Location:

Date:

Name:

Age:

Gender ()F ()M

(All data is confidential)

1. SPECIES ID (Using the plates)

1.1. Which of those animal do you usually see (non-target/catch while fishing):

1.2. Which one did you already see? A () B () C () D () NR ()

1.3. Do you know their names?

A

B

C

D

NR ()

1.4. Any of those interfere with the fishing nets?

YES() NO() No Answer()

1.5. Which one?

1.6. How does it feed?

1.7. Do you see or saw it? YES() NO() No Answer()

When?

1.8. How frequently is it seen nowadays?

()daily ()once a week ()fortnightly ()once a month

1.9. What does it do (behaviour)?

1.10. What is its colour?

1.11. How is it generally seen?

() solitary

() in groups (how many individuals)?

() unknown

1.12. Which one of these is the otter? A() B() C() D() No Answer()

1.13. At what time are they usually seen? ()dawn ()dusk ()during the day ()during the night ()No Answer

1.14. Where are they mainly observed:

()inside the water ()in the margins ()estuary ()No Answer

1.15. Is there any season when the species is more common?

1.16. How many otters do you think occur around here?

1.17. Do you see cubs? YES() NO() No Answer()

- 1.18. In which season?
- 1.19. Do otters interfere with any activity?
- 1.20. Why?
- 1.21. How does it hunt?
- 1.22. Do you think otter number increased or decreased in the last years?

2. GENERAL INFORMATION

- 2.1. Is there any legend or story associated to the otter?

3. ADDITIONAL PERSONAL INFORMATION:

3.1. Education:

- 1o degree incomplete
- 2o degree incomplete.
- 3o degree incomplete
- College
- None
- No Answer

4. Previous participation in environmental education actions? YES NO

Picture plates used during the interviews to check the correct identification of *L. longicaudis* by the interviewed local residents

(A. *Phoca vitulina*. ; B. *Didelphis albiventris* ; C. *Lontra longicaudis*; D. *Hydrochoerus hydrochaeris*).

A.



B.



C.



D.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em comparação com outras espécies de lontras como *Lutra lutra*, *Lontra canadensis* e *Pteronura brasiliensis*, o conhecimento sobre a lontra Neotropical permanece lacunoso. Desta forma, o arcabouço teórico deste projeto reuniu grande parte da literatura disponível sobre a espécie. A compilação e síntese do tema contribuem como base relevante para futuras pesquisas.

Aspectos como estudos morfológicos e moleculares integrados, biologia reprodutiva, dinâmica populacional e iniciativas de monitoramento a longo prazo ainda são escassas de pesquisa. Igualmente importante será a avaliação de fatores que ameaçam *L. longicaudis*, especialmente em ambientes sob contínuas alterações antropogênicas. Neste sentido, nossos resultados apontam a qualidade da água de ecossistemas dulcícolas como um fator relevante para a ocorrência da espécie. Cursos d'água supereutrofizados poderão inviabilizar a sua permanência, eventualmente restringindo a sua distribuição a ambientes mais preservados, conduzindo ao isolamento de populações e, conseqüentemente, a uma redução de populações efetivas, aumentando o potencial de extinções locais da espécie.

Concluimos que a avaliação da estrutura da vegetação como fator influente na ocorrência de *L. longicaudis* deve ser avaliada de formas alternativas. Testar efeitos diretos (formação de abrigos para lontra) e indiretos (atuação na qualidade da água) será de extrema importância. A estrutura da vegetação tem papel importante na atenuação dos efeitos de perturbações, sendo necessárias análises que abranjam as diferentes fisionomias, composições e estágios de sucessão ecologia desta vegetação para resultados mais significativos. Nossa pesquisa acrescenta que esses fatores devem ser

considerados para a conservação da lontra Neotropical bem como contribui para discussão do papel dos mamíferos, principalmente os semiaquáticos como indicadores da qualidade dos ecossistemas.

Ademais, o monitoramento de larga escala e de longo prazo dos cursos de água brasileiros, seguindo parâmetros padronizados para todos os locais, e eventualmente, para além dos parâmetros biofísicos da água considerando também das mudanças de paisagem, será de extrema importância para a conservação da lontra Neotropical e de todo o biota a ela associado.

ANEXOS

Anexo I Recibo de submissão do artigo ‘Ecology and biogeography of the Neotropical otter *Lontra longicaudis*: existing knowledge and open questions’ ao periódico Mammal Research.

Date: 30 Nov 2016
To: "Lana Resende de Almeida" lanaresende.bio@gmail.com
From: "Acta Theriologica" jade.santos@springer.com
Subject: ACTH-D-16-00145 : Submission Confirmation for Ecology and biogeography of the Neotropical Otter, Lontra longicaudis: existing knowledge and open questions

Dear Mrs Almeida,

Your submission entitled "Ecology and biogeography of the Neotropical Otter, Lontra longicaudis: existing knowledge and open questions" has been received by Mammal Research

The submission id is: ACTH-D-16-00145
Please refer to this number in any future correspondence.

You will be able to check on the progress of your paper by logging on to Editorial Manager as an author. The URL is <http://acth.edmgr.com/>.

Your manuscript will be given a reference number once an Editor has been assigned.

Thank you for submitting your work to our journal.

Kind regards,

Editorial Office
Mammal Research

Now that your article will undergo the editorial and peer review process, it is the right time to think about publishing your article as open access. With open access your article will become freely available to anyone worldwide and you will easily comply with open access mandates. Springer's open access offering for this journal is called Open Choice (find more information on www.springer.com/openchoice). Once your article is accepted, you will be offered the option to publish through open access. So you might want to talk to your institution and funder now to see how payment could be organized; for an overview of available open access funding please go to www.springer.com/oafunding. Although for now you don't have to do anything, we would like to let you know about your upcoming options.