

**UNIVERSIDADE VILA VELHA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**ANÁLISE DE METAIS PESADOS EM FILHOTES DE ARARA-  
AZUL (*Anodorhynchus hyacinthinus*) NO PANTANAL SUL-  
MATO-GROSSENSE, BRASIL.**

**MARINA DRAGO MARCHESI**

**VILA VELHA – ES**  
**JULHO / 2013**

**UNIVERSIDADE VILA VELHA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**ANÁLISE DE METAIS PESADOS EM FILHOTES DE ARARA-  
AZUL (*Anodorhynchus hyacinthinus*) NO PANTANAL SUL-  
MATO-GROSSENSE, BRASIL.**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Ciência Animal da Universidade Vila Velha, para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

**MARINA DRAGO MARCHESI**

**VILA VELHA – ES**  
**JULHO / 2013**

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

M316a Marchesi, Marina Drago.

Análise de metais pesados em filhotes de arara azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*) no Pantanal Sul-Mato-Grossense, Brasil / Marina Drago Marchesi. – 2013.

48 f.: il.

Orientador: João Luiz Rossi Júnior.

Dissertação (mestrado em Ciência Animal) - Universidade Vila Velha, 2013.

Inclui bibliografias.

1. Toxicologia. 2. Arara azul – Contaminação – Mato Grosso do Sul. 3. Metais – Análise I. Rossi Júnior, João Luiz. II. Universidade Vila Velha. III. Título.

CDD 636.60896

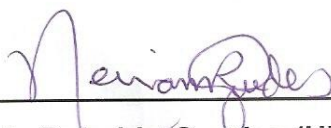
**MARINA DRAGO MARCHESI**

**ANÁLISE DE METAIS PESADOS EM FILHOTES DE ARARA-  
AZUL (*Anodorhynchus hyacinthinus*) NO PANTANAL SUL-  
MATO-GROSSENSE, BRASIL.**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Ciência Animal da Universidade Vila Velha, para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

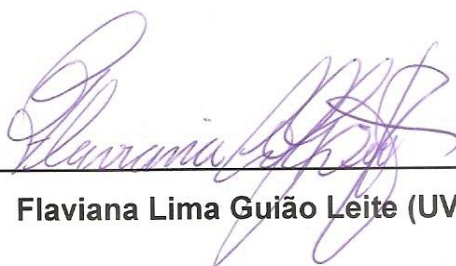
Aprovado em 23 de julho de 2013,

Banca Examinadora:



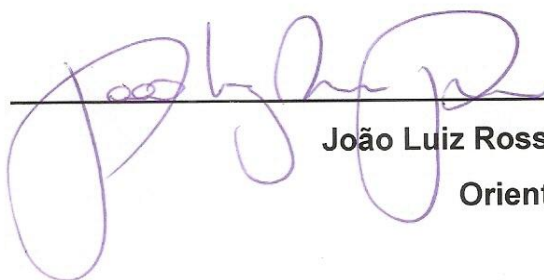
---

**Neiva Maria Robaldo Guedes (UNIDERP)**



---

**Flaviana Lima Guião Leite (UVV)**



---

**João Luiz Rossi Junior (UVV)**

**Orientador**

**A todos os animais do mundo!  
É tudo por eles. É tudo para eles.**

## AGRADECIMENTOS

*"Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá."*

*Ayrton Senna*

Agradeço a Deus o dom de desempenhar a Medicina Veterinária muito além do exercício da profissão e por sentir tanto amor pelos animais, maior paixão da minha vida!

A minha família que é a base, o exemplo e a verdadeira razão de tudo. Irma Drago e Samuel Marchesi, meus pais amados, obrigada por sempre terem acreditado naquela "criança tão apaixonada por bicho", pelo melhor presente de aniversário, que foi conhecer o Pantanal, e por me apoiarem em todas as minhas decisões.

A minha irmã Angélica e a Roberta, por participarem de um passo tão importante na minha vida e por todo apoio.

Ao meu amor Renan Cavalcante, pela motivação diária e por acreditar tanto em mim. Que a gente continue crescendo, sorrindo, sonhando e realizando, sempre juntos. *"It's always better when we're together"*.

As minhas queridas e amadas amigas Letícia Borlini, Evelyn Scardua e Samira Costa que estiveram presentes em mais essa fase, sorrindo e chorando comigo!

Ao meu orientador João Rossi, por estar comigo me orientando em mais uma etapa acadêmica, confiando e acreditando no meu trabalho e por todos os ensinamentos da prática Veterinária.

A Flaviana Guião, minha amiga, "psicóloga", professora, coordenadora, colega de profissão e inspiração profissional. Obrigada pelo companheirismo, ensinamentos e confiança que você sempre depositou em mim. Nossa amizade construída ao longo desses sete anos não tem preço e não vai ter fim.

À equipe do Projeto Arara Azul - Neiva Guedes, Daphne Nardi, Kefany Ramalho, Cézar Corrêa e Luciano Candisani, obrigada por terem me ajudado tanto e pelos momentos maravilhosos de trabalho.

Profa. Dra Neiva Guedes, a experiência de trabalhar no Pantanal foi incrível! Hoje eu sou mais feliz por ter realizado um sonho de infância, que antes eu só conhecia através da TV. Obrigada pela oportunidade de conhecer e participar do seu trabalho, por todos os ensinamentos e, principalmente, por mostrar que mesmo depois de anos de prática, o amor e o respeito pelos animais pode e sempre deve continuar sendo o mesmo.

Aos parceiros do Projeto Arara Azul - Universidade Anhanguera - UNIDERP, Fundação Toyota do Brasil, Toyota e Refúgio Ecológico Caiman.

Às lindas, cheirosas e incríveis araras-azuis, que, mesmo sem saber, me proporcionaram um aprendizado enorme!

Ao Professor Dr Paulo Dias, por permitir o uso do Laboratório de Ecologia Terrestre e Aquática – LETA UVV, por toda contribuição com o trabalho, por me ajudar e me orientar quando eu me via perdida com estatística e geologia!

Aos queridos estagiários do LETA - UVV - Paulo R. J. Filho e Alexandra Frossard por momentos de trabalho tão agradáveis e em especial a Namany Lourpen que compartilhou os ácidos e gases, por toda parceria e companheirismo durante as análises.

À Profa. Dra Denise Endringer Coutinho pela paciência, dedicação e ajuda com compra de material e leitura dos dados.

À Profa. Dra Maria Teresa Carneiro (LabPetro – UFES) por permitir o laboratório para que eu pudesse realizar as análises.

Ao laboratório de Análises Químicas da Universidade Vila Velha - UVV

À Profa Dra Mariangela Allgayer por ter cedido as amostras.

Ao Claudio Barberini Camargo pelo apoio durante a compra do material.

MARCHESI, Marina Drago, Msc; Universidade Vila Velha – ES. Julho de 2013.  
**Análise de metais pesados em filhotes de arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*) no pantanal Sul-Mato-Grossense, Brasil.** Orientador: João Luiz Rossi Jr

#### Resumo

Este estudo teve como objetivo avaliar a concentração de metais pesados (selênio, zinco, ferro, cobre, molibdênio, níquel, cromo, arsênio, cádmio, chumbo e alumínio) em amostras de sangue da *Anodorhynchus hyacinthinus* e seu potencial como bioindicador ambiental. Foram analisadas amostras de coágulo sanguíneo de filhotes capturados em 2003 e 2004 (n=45), partindo da hipótese de que as mesmas refletem os níveis de contaminação da região estudada, e de sangue total de filhotes capturados em 2012 (n=26), partindo da hipótese de que a contaminação interfere na reprodução e no crescimento dos filhotes. As amostras foram digeridas em ácido nítrico e ácido clorídrico, a quantificação dos metais foi realizada em Espectroscopia e Emissão Óptica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES). O ano de 2003 mostrou maiores níveis de contaminação que o ano de 2004. As concentrações, em µg/g, apresentadas respectivamente, de Cr (0,00 - 0,00), Fe (205,73 - 8,56), Cu (0,41 - 0,77), Pb (0,42 - 0,02), Se (1,63 - 0,75) e Zn (11,30 - 4,84) indicaram diferenças estatisticamente significativas entre 2003 e 2004. O Fe obteve maior concentração. Al (59,05 - 48,02) e Ni (0,13 - 0,11) não diferiram entre os anos. Em 2012 foram encontradas concentrações de Cr (0,10 µg/g), Fe (3,06 µg/g), Al (3,46 µg/g), Cd (0,25 µg/g), Cu (0,74 µg/g), Mo (0,33 µg/g), Ni (0,61 µg/g), Se (0,98 µg/g) e Zn (2,08 µg/g) nas amostras analisadas. Esses níveis não apresentaram relação com o peso, idade ou sucesso de eclosão.

Palavras chave: Psitacídeos, contaminação, metais pesados, toxicologia.



MARCHESI, Marina Drago, Msc; University Vila Velha – ES. July 2013. **analysis of heavy metals in nestling blue macaw (*Anodorhynchus hyacinthinus*) Pantanal in Mato Grosso do Sul, Brazil.** Advisor: João Luiz Rossi Jr

#### Abstract

The aim of this study is to evaluate the concentration of heavy metals (selenium, zinc, iron, copper, molybdenum, nickel, chromium, arsenic, cadmium, lead and aluminum) in blood samples of *Anodorhynchus hyacinthinus* and its potential as environmental bioindicators. Its analyzed samples from blood clot pups captured in 2003 and 2004 (n = 45), based on the assumption that they reflect the levels of contamination of the studied region, and whole blood of pups captured in 2012 (n = 26), on the assumption that contamination interferes with the reproduction and growth of pups. The samples was digested with nitric acid and hydrochloric acid, and quantification was carried out in the metals Optical Emission Spectroscopy, and Inductively Coupled Plasma (ICP-OES). The year 2003 showed higher levels of contamination than the year 2004. Concentrations in  $\mu\text{g/g}$ , respectively presented, Cr (0.00 - 0.00), Fe (205.73 - 8.56), Cu (0.41 - 0.77), Pb (0.42 - 0.02) Se (1.63 - 0.75) and Zn (11.30 - 4.84) showed statistically significant differences between 2003 and 2004. The Fe had the highest concentration. Al (59.05 - 48.02) and Ni (0.13 - 0.11) did not differ between years. In 2012 found concentrations of Cr (0.10  $\mu\text{g/g}$ ), Fe (3.06  $\mu\text{g/g}$ ), Al (3.46  $\mu\text{g/g}$ ), Cd (0.25  $\mu\text{g/g}$ ), Cu (0, 74  $\mu\text{g/g}$ ), Mo (0.33  $\mu\text{g/g}$ ), Ni (0.61  $\mu\text{g/g}$ ), Se (0.98  $\mu\text{g/g}$ ) and Zn (2.08  $\mu\text{g/g}$ ) in the analyzed samples, these levels did not correlate with weight, age or hatching success.

Keywords: parrots, contamination, heavy metal, toxicology.

## SUMÁRIO

Introdução Geral	10
Referências	12
Capítulo 1: Concentração de metais pesados no coágulo sanguíneo de arara-azul ( <i>Anodorhynchus hyacinthinus</i> - Latham, 1790) no Pantanal Sul-mato-grossense	15
Resumo	16
Abstract	17
Introdução	18
Material e Métodos	19
Local de estudo	19
Captura dos filhotes	20
Coleta de material	20
Análise do material	20
Análise estatística	21
Resultados	21
Discussão	21
Conclusão	22
Referências	23
Lista de tabelas	28
Lista de figuras	30
Capítulo 2: Relação entre peso, idade e sucesso de eclosão e concentração de metais pesados em filhotes de arara-azul ( <i>Anodorhynchus hyacinthinus</i> - Latham, 1790) no Pantanal – MS	35
Resumo	36
Abstract	37
Introdução	38
Material e Métodos	38
Local de estudo	39
Captura dos filhotes	39
Coleta de material	39
Análise do material	39
Análise estatística	40
Resultados	40
Discussão	41
Conclusão	42
Referências	42
Conclusão Geral	46
Lista de tabelas	47

## Introdução geral

A arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*- Latham, 1790) (Figura 1) é o maior representante dos psitacídeos do mundo (Guedes, 1996) e atinge até um metro de comprimento. Possui plumagem azul cobalto que contrasta com o amarelo da região perioftálmica, palpebral e na base da mandíbula, além de desfrutar de um bico enorme e poderoso (Machado et al., 2008).



Figura 1: Casal de arara-azul pousado no ninho.

É uma espécie ameaçada de extinção (Machado et al., 2008) e altamente especializada quanto ao seu habitat, se alimenta basicamente de acuri (*Scheela phalerata*) e bocaiuva (*Acrocomia aculeata*) e faz a maioria dos ninhos nos troncos do manduvi (*Sterculia apetala*) (Guedes, 2004).

A reprodução das *A. hyacinthinus* é entre julho a janeiro, considerando o início quando os casais começam a explorar as cavidades e o final quando os filhotes voam, abandonando o ninho dos pais. O pico de postura dos ovos ocorre entre agosto e setembro e a incubação dos mesmos dura aproximadamente 28 dias (Guedes, 2009).

A distribuição da espécie se estende do Brasil Central ao Norte do Brasil e o Pantanal é a região que abriga a população mais abundante, que ocupa o Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, além de áreas do Pantanal boliviano e paraguaio (Guedes; 2004)

O Pantanal possui uma extensão de 140.000km<sup>2</sup>, cobrindo a Bacia do Alto Paraguai e seus afluentes, revelando um dos maiores fragmentos de áreas alagáveis do mundo (Adámoli, 1981).

O desmatamento e o cultivo agropecuário são grandes ameaças para a região (Padovani et al., 2000), assim como a utilização de fertilizantes inorgânicos e pesticidas, que estão associados às práticas da agricultura, e podem contaminar o solo e cursos d'água, possibilitando sua infiltração na cadeia trófica dos ecossistemas (MMA/PNUD, 2000).

A poluição é um problema ambiental de nível mundial e pode ser definida como qualquer matéria inorgânica introduzida no meio ambiente e imprópria para os organismos (Lemos e Terra, 2003) podendo interromper a estrutura e o funcionamento do ecossistema (Silva et al., 2003).

Procedentes de fontes naturais e antrópicas, como resíduos urbanos, industriais e agrícolas, os metais pesados são encontrados em todos os compartimentos do ecossistema e são inesgotáveis (Pascalichio, 2002). Quando presentes em grandes concentrações, mesmo os metais essenciais como o selênio, ferro, zinco, cobre e o cromo, apresentam toxicidade alta para os seres vegetais e animais, proporcionando resultados nocivos (Ward, 1995; Baumgarten e Pozza, 2001) e levando a impactos negativos ao ambiente terrestre e aquático, sendo também considerado um poluente do solo e da água (Guilherme et al., 2005).

As plantas consomem e metabolizam esses elementos químicos, deixando-os assim disponíveis aos animais que as ingerem, alimentando-se de raízes, frutos, pólen, néctar e sementes (Hendriks et al., 1995).

Por serem excessivamente estáveis na natureza e por aglomerarem-se no solo, água e sedimentos (Allen et al., 1993) os metais pesados são classificados como indicadores de poluição (Peláez-Rodríguez, 2001)

Alguns estudos sobre a concentração desses elementos químicos em aves de regiões poluídas já foram realizados (Dmowski, 1999; Mochizuki et al., 2002; Kalisińska et al., 2004). Elas têm sido amplamente úteis para avaliar a contaminação ambiental, ponderando sua sensibilidade para as consequências danosas sobre o ambiente (Denneman e Douben, 1993).

Em locais relativamente poluídos, os efeitos da contaminação são indiretos, através da deterioração do habitat e diminuição da alimentação (Morrison, 1986). Locais com alto grau de poluição podem interferir na reprodução das aves, e isso pode ser considerado um efeito direto da poluição (Furness e Greenwood, 1993).

As aves são particularmente mais sensíveis às mudanças ambientais e mais propensas a intoxicações do que os outros animais, pois dispersam mais rapidamente

o agente tóxico no organismo através do sistema respiratório, alta taxa metabólica e baixa quantidade de gordura corporal (Cubas e Godoy, 2013).

O conhecimento da concentração de metais pesados em *A. hyacinthinus* pode indicar a contaminação ambiental no Pantanal, que pode afetar outros níveis tróficos da cadeia alimentar.

É importante salientar que este é um trabalho inédito e que não existem pesquisas sobre a contaminação por metais pesados em psitacídeos de vida livre, espécies tão características da fauna do Brasil. Esses estudos em aves mostram os níveis de contaminação que se encontram os biomas brasileiros e podem indicar as consequências ecológicas e fisiológicas sofridas pela espécie devido à contaminação.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial da *A. hyacinthinus* como bioindicador ambiental através da determinação da concentração de metais pesados no coágulo sanguíneo de filhotes capturados em 2003 e 2004, partindo da hipótese de que as mesmas refletem os níveis de contaminação da região estudada, e no sangue total de filhotes capturados em 2012, partindo da hipótese de que a contaminação interfere na reprodução e no crescimento dos filhotes.

## Referências

Adámoli, J., 1981. Congresso Nacional de Botânica: O Pantanal e suas relações fitogeográficas com os cerrados. Discussão sobre o conceito de “Complexo do Pantanal”, Teresina. *Anais...* Teresina: Sociedade Brasileira de Botânica, pp.109-119.

Allen, H.E., F, U.G., Deng, B., 1993. Analysis of Acid-Volatile Sulfide (AVS) and simultaneously extracted metals (SEM) for the Estimation of Potencial toxicity in Aquatic Sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry* 12, 1441-1453.

Baumgarten, M.G.Z., Pozza, A.S., 2001 *Qualidade de Águas: descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental*. Rio Grande: Editora da FURG, pp. 166.

Cubas, Z.S., Godoy, S.N., 2012. Algumas Doenças de aves ornamentais. Disponível em <http://www.canarilalmada.com/download/download/Dossierdedoenças.pdf>> Acesso em 10 jan 2013.

Dmowski, K., 1999. Birds as bioindicators of heavy metal pollution: review and examples concerning European species. *Acta Ornithologica* 34, 1-25.

Denneman, W.D., Douben, P.E.T., 1993. Trace metals in primary feathers of the barn owl (*Tyto alba guttatus*) in the Netherlands. *Environmental Pollution* 82, 301–310.

Furness, R.W., Greenwood, J.J.D., 1993. *Birds as monitors of environmental change*. Chapman & Hall, London, pp.102–120.

Guedes, N.M.R., 1996. Biologia e conservação da Arara- azul *Anodorhynchus hyacinthinus* no Pantanal, Campinas. *Anais...* Campinas: Congresso Brasileiro de Ornitologia, pp. 97 -102.

Guedes, N.M.R., 2004. Araras azuis: 15 anos de estudos no Pantanal. In: IV Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal, Corumbá, MS. Sustentabilidade Regional. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, pp. 53-62.

Guedes, N.M.R., 2009. Sucesso reprodutivo, mortalidade e crescimento de filhotes de araras-azuis *Anodorhynchus hyacinthinus* (Aves, Psittacidae) no Pantanal, Brasil. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista – UNESP.

Guilherme, L.R.G., Marques, J.J., Pierangeli, M.A.P., Zuliani, D.Q., Campos, M.L., Marchi, G., 2005. Elementos traço em solos e sistemas aquáticos. In: Tópicos em ciência do solo, Volume IV. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, pp. 345-390.

Hendriks, A.J., MA, C.W., Brouns, J.J., Ruiter-Dijkman, E. M., Gast, R., 1995. Modelling and monitoring organochlorine and heavy metal accumulation in soils, earthworms, and shrews in Rhine-delta floodplains. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 29,115-127.

Kalisińska, E., Salicki, W., Myslek, P., Kavetska, K. M., Jackowski, A., 2004. Using the Mallard to biomonitor heavy metal contamination of wetlands in north–western Poland. *Science of the Total Environment* 320, 145-161.

Lemos, C.T., Terra, N.R., 2003. Poluição – causas, efeitos e controle. In: Silva, J., Erdtmann, B., Henriques, J.A.P., editors. *Genética Toxicológica*. Porto Alegre: Alcance, pp. 117-144.

Machado, A.B.M., Drummond, G.M., Paglia, A.P. 2008. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. 1ed. Brasília, DF: MMA; Belo Horizonte, MG: Fundação Biodiversitas.

MMA/PNUD. 2000. Agricultura sustentável. Subsídios à Elaboração da Agenda 21 Brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.

Mochizuki, M., Mori, M., Kumon, K., Sasaki, R., Matsuba, H., Ueda, F., 2002. Cadmium contamination in wild birds as an indicator of environmental pollution. *Environmental Monitoring Assessment* 73, 229-235.

Morrison, M.L., 1986. Bird populations as indicators of environmental change. *Current Ornithology* 3, 429-451.

Padovani, C.R., 2000. Sistema de Suporte a Decisão para o Monitoramento de Impactos Ambientais de Atividades Agropecuárias na Bacia do Alto Taquari: instrumento de Gestão Ambiental para municípios de Alto Taquari, Pantanal Matogrossense – Relatório do ano 2000. Embrapa Pantanal, Corumbá.

Pascallicchio, A.E., 2002. Contaminação por Metais Pesados: Saúde Pública e Medicina Ortomolecular. São Paulo: Anna Blume.

Peláez-Rodríguez, M., 2001. Avaliação da qualidade da água da Bacia do Alto Jacaré-Guaçu- SP (Ribeirão do Feijão e Ribeirão do Monjolinho) através de variáveis Físicas, Químicas e Biológicas. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo – USP.

Silva, J., Erdtmann, B., Henriques, J.A.P., 2003. Genética toxicológica. Porto Alegre: Alcance.

Ward, N.I., 1995. Trace elements. In: Field, F.W., Haines, P.J., (Eds.). *Environmental analytical chemistry*, London: Blackie Academic and Professional. Chapman and Hall.

## CAPÍTULO 1

A norma de citação e a estrutura de formatação deste capítulo foram realizadas seguindo as normas da Environmental Pollution, disponível em: <<http://www.elsevier.com/journals/environmental-pollution/0269-7491/guide-for-authors>>.

### **CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS NO COÁGULO SANGUÍNEO DE ARARA-AZUL (*Anodorhynchus hyacinthinus*- LATHAM, 1790) NO PANTANAL SUL-MATO-GROSSENSE EM 2003 E 2004.**



## Resumo

MARCHESI, Marina Drago, Msc. Universidade Vila Velha – ES. Julho de 2013.  
**Concentração de metais pesados no coágulo sanguíneo de arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*- Latham 1790) no Pantanal Sul-mato-grossense.**  
Orientador: João Luiz Rossi Jr

Avaliou-se a concentração de metais pesados (selênio, zinco, ferro, cobre, molibdênio, níquel, cromo, arsênio, cádmio, chumbo e alumínio) no coágulo sanguíneo de filhotes de arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*) capturados no Pantanal – MS (n=45) em 2003 e 2004, supondo que esses animais apresentam níveis de substâncias inorgânicas no organismo, oriundas do ambiente. As amostras foram digeridas em ácido nítrico e ácido clorídrico. A quantificação dos metais foi realizada em ICP-OES (Espectroscopia e Emissão Óptica por Plasma Indutivamente Acoplado). O ano de 2003 apresentou maiores níveis de contaminação que o ano de 2004. As concentrações, em µg/g, de Cr (0,00 - 0,00), Fe (205,73 - 8,56), Cu (0,41 – 0,77), Pb (0,42 – 0,02), Se (1,63 – 0,75) e Zn (11,30 – 4,84) indicaram diferenças estatisticamente significativas entre 2003 e 2004, apresentadas respectivamente. O Fe obteve maior concentração. Al (59,05 – 48,02) e Ni (0,13 – 0,11) não diferiram entre os anos. *Anodorhynchus hyacinthinus* é uma boa espécie bioindicadora.

Palavras-chave: contaminação ambiental, psitacídeos, aves silvestres, metal pesado.

## Abstract

MARCHESI, Marina Drago, Msc. University Vila Velha – ES. July 2013. **Concentration of heavy metals in the blood clot of blue macaw (*Anodorhynchus hyacinthinus*-Latham 1790) in the Pantanal of Mato Grosso do Sul.** Advisor: João Luiz Rossi Jr

The concentration of heavy metals (selenium, zinc, iron, copper, molybdenum, nickel, chromium, arsenic, cadmium, lead and aluminum) was evaluated in the blood clot of nestling blue macaws (*Anodorhynchus hyacinthinus*) captured in the Pantanal - MS (n = 45), in the years of 2003 and 2004, supposing that these animals have levels of inorganic substances in their organism, originated from the environment. The samples were digested with nitric acid and hydrochloric acid. The quantification of metals was performed by ICP-OES (Optical Emission Spectroscopy and Inductively Coupled Plasma). The year of 2003 had higher levels of contamination than the year of 2004. Concentrations in µg/g, Cr (0.00 - 0.00) Fe (205.73 - 8.56) Cu (0.41 - 0.77), Pb (0.42 - 0.02) Se (1.63 - 0.75) and Zn (11.30 - 4.84) showed statistically significant differences between 2003 and 2004, presented respectively. The Fe had the highest concentration. Al (59.05 - 48.02) and Ni (0.13 - 0.11) did not differ between years. The *Anodorhynchus hyacinthinus* is a good bioindicator species.

Keywords: environmental contamination, parrots, wild birds, heavy metal.

## 1. Introdução

Os contaminantes, considerados onipresentes no ambiente, podem influenciar na ecologia e no comportamento de animais silvestres de vida livre através de mudanças fisiológicas, estado de saúde, dinâmica da população e conservação das espécies no cenário mundial (Fry, 1995; Newton, 1998).

Por fornecerem informações precoces, os animais podem ser usados como ferramentas bioindicadoras ambientais, além de sentinelas para os efeitos da contaminação humana (Burger e Gochfeld, 2004).

As aves são excelentes bioindicadoras por serem mais sensíveis às mudanças ambientais advindas da contaminação antrópica, (Bost e Lemaho, 1993).

As concentrações de metais no sangue de aves, numa determinada localização de captura, demonstram os efeitos sobre a exposição do metal e transferência para as espécies. Esses níveis refletem adequadamente a poluição ambiental das áreas exploradas pelas mesmas (Fritsch, 2012).

A presença de metal pesado no sangue é um indicativo de que o animal foi submetido a algum tipo de exposição recente (Garcia-Fernandez, 1996) enquanto que a acumulação em tecidos moles, como o fígado, indica uma exposição em longo prazo, principalmente em aves (Perez-Lopez et al., 2008; Battaglia et al., 2005; Scheuhammer, 1987).

De acordo com Fritsch et al. (2012) a concentração de metais no sangue depende do ano de captura das aves e da contaminação no solo, determinada pelos níveis de contaminação ambiental.

A arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*) é uma ave social, que vive aos pares, casais ou bandos, com populações sedentárias e ameaçada de extinção. Sua maior população habita o cerrado brasileiro, região do Pantanal (Guedes, 2009).

O Pantanal revela uma das maiores porções de áreas alagáveis do mundo (Adámoli, 1981) e tem a inundação como o potencial ecológico que separa as estações (Junk e Silva, 1999; Oliveira e Calheiros, 2000) que segue um ciclo anual com duração de 3 a 6 meses (Heckman, 1999).

Dores e Calheiros (2008) encontraram dados que mostram que o Pantanal está sendo contaminado por resíduos de agrotóxicos, o que a curto e longo prazo pode caracterizar um problema ambiental. Os efeitos ecológicos decorridos da contaminação levam a alterações imperceptíveis e podem alterar negativamente o potencial biológico das espécies, como a diminuição do sucesso reprodutivo.

O solo possui uma grande capacidade de retenção de metais pesados que, em função de suas características, podem ser facilmente lixiviados, penetrando na cadeia alimentar dos organismos vivos ou colocando em risco a qualidade das águas (Casartelli e Miekeley, 2003).

O tipo de solo predominante na região do cerrado é o latossolo, peculiar pela acidez, baixos índices de nutrientes e altos níveis de ferro e alumínio (MMA, 2007).

A determinação das concentrações de metais pesados no organismo de *A.hyacinthinus* é de extrema importância por ser um estudo de caráter inédito numa espécie ameaçada de extinção (Machado et al., 2008) e os níveis encontrados no organismo das mesmas refletem a contaminação do ambiente, que pode ocasionar danos à saúde das aves e alterar a dinâmica populacional (Fry, 1995; Newton, 1998). O presente estudo foi desenvolvido sob a hipótese de que existem níveis de metais pesados no organismo de *A.hyacinthinus* oriundos da contaminação ambiental. O objetivo do trabalho foi determinar o teor de elementos essenciais como: selênio (Se), zinco (Zn), ferro (Fe), cobre (Cu), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e cromo (Cr) e não essenciais como arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb) e alumínio (Al) (Ek et al., 2004; Wenzel et al, 1996) em filhotes de *A.hyacinthinus* através da análise sanguínea e avaliar o potencial bioindicador dos filhotes da espécie.

## 2. Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido com 45 filhotes de *A.hyacinthinus* de vida livre no Pantanal Sul-mato-grossense durante os anos de 2003 (n=19) e 2004 (n=26). O material consistia em amostra de coágulo sanguíneo, proveniente de outro estudo, armazenado em microtubo, sem anticoagulante. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos e Animais da ULBRA (CEP – ULBRA 2006-016A)

### 2.1 Local de estudo

O estudo foi realizado na base do Projeto Arara Azul, localizado no Refúgio Ecológico Caiman - REC (19°51' -19°58' S e 56°17' -56° 24' W), Município de Miranda, Pantanal, Mato Grosso do Sul. A região era composta por Floresta Estacional Semidecidual; Campos de inundação; Capões, que são ilhas de mata definida; Mata Ciliar e Campos formados por áreas abertas. A média anual de temperatura era de 25°C, com chuvas no verão e inverno seco.

## 2.2 Captura dos filhotes

Os filhotes eram capturados dentro dos ninhos naturais em manduvi (*Sterculia apetala*) e nos ninhos artificiais, confeccionados para as *A.hyacinthinus*, através de técnica de ascensão com equipamento de escalada em árvore, e colocados dentro de baldes plásticos para serem transferidos do ninho ao chão.

## 2.3 Coleta de material

Com a ave contida fisicamente, foi coletado 1,5ml de sangue da veia ulnar com auxílio de agulha hipodérmica 25X7 e seringa de 3 ml. Para o estudo, foi utilizado aproximadamente 1g de coágulo armazenado em microtubo sem anticoagulante e congelado a -18°C, proveniente de estudos anteriores.

## 2.4 Análise do material

As amostras de coágulo foram digeridas, para diminuir a influencia da matéria orgânica na quantificação dos metais, em um volume de 2 ml de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) puro seguidas de 10 ml de ácido clorídrico (HCl) a 5 mol/L.

A digestão foi catalisada por digestor (Marconi Mod. MA 851), 280 °C,1h (Garcia-Fernandez, 1994 – adaptado), até a solução ficar translúcida. Após a digestão, as amostras foram transferidas para balão volumétrico de 25 mL e seu volume ajustado com água ultrapura tipo 1 (deionizada e purificada em sistema Mili-Q) e posteriormente armazenadas em frascos de vidro e refrigeradas à 4°C até o momento da análise.

A solução padrão multielementar para Cr, Fe, Al, As, Cd, Cu, Pb, Mo, Ni, Se e Zn foi preparada nas concentrações entre 0,0 – 2,0 µg/mL. A quantificação foi realizada em ICP-OES (Espectroscopia e emissão óptica por plasma indutivamente acoplado) e os limites de detecção para cada elemento foram Cr = 0,1278; Fe = 0,7040; Al = 0,0631; As = 0,0069; Cd = 0,6372; Cu = 0,2151; Pb = 0,0162; Mo = 0,0879; Ni = 0,0889; Se = 0,0585 e Zn = 0,2310.

A curva de calibração para cada metal foi obtida em triplicata e submetida à regressão em nível de confiança 95%.

## 2.5 Análises estatísticas

Os dados de concentração de metais foram expressos em mediana e faixa de mínima e máxima. A normalidade dos dados foi testada a partir do teste Shapiro-Wilk e submetida á ANOVA – Kruskal Wallis e ao teste *post hoc* de Mann Whitney. As diferenças foram consideradas estatisticamente significativas quando  $p < 0,05$ .

## 3. Resultados

Entre os 11 metais analisados, as amostras de coágulo de filhotes de *A.hyacinthinus* apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) nas concentrações de Cr, Fe, Cu, Pb, Se e Zn (Tabela 1). Apesar da diferença estatística o Cr não foi considerado porque em 98% dos casos estavam abaixo do limite de detecção. O Fe foi o elemento de concentração máxima. O Al e o Ni não diferiram significativamente entre os dois anos. O ano de 2003 apresentou valores maiores de concentração dos elementos do que o ano de 2004, exceto para o elemento Cu.

## Discussão

Os dados encontrados para a presença de Pb em coágulo sanguíneo de *A.hyacinthinus* no ano de 2003 são semelhantes aos descobertos por Fritsch et al. (2012) em sangue de melros (*Turdus merula*), que mesmo capturados em locais de baixa contaminação, apresentaram níveis de Pb mais de duas vezes maior que os valores recomendados para a espécie. O Pb pode causar mortalidade em aves, por ser um metal pesado não essencial e altamente tóxico (Ramo et al., 1992, Burger e Gochfeld, 1994; Burger e Gochfeld, 1997; Mateo et al., 1998, Spahn e Sherry, 1999). Em um estudo feito com patos (*Anas platyrhynchos*), o Fe foi o único elemento em concentrações estatisticamente superiores nas aves que habitavam centros urbanos do que nas aves que viviam em lagos, sugerindo uma contaminação oriunda da poluição das grandes cidades (Binkowski e Meissner, 2013). Nas amostras analisadas no presente estudo, o elemento de maior concentração foi o Fe, que é ricamente encontrado no solo do Pantanal (MMA, 2007) e provável via de transferência para as *A.hyacinthinus*.

Os valores de Cu e Zn encontrados no estudo foram semelhantes aos encontrados em patos (*Anas platyrhynchos*) por Binkowski e Meissner (2013). O conteúdo de ambos os

elementos nos tecidos também pode ser relacionado com a poluição do meio ambiente (Parslow, 1982; DiGiulio e Scanlon, 1984; Hui et al., 1998; Kalisinska et al., 2004) apesar de serem elementos essenciais (Ek et al., 2004; Wenzel et al., 1996).

Comparando os níveis de Se dos anos de 2003 e 2004 com os estudos de Taggart, (2006) em quatro diferentes espécies de anatídeos (*Anas platyrhynchos*, *Anas strepera*, *Aythya ferina* e *Netta rufina*), o presente estudo apresentou níveis maiores, já que Taggart, (2006) encontrou valores consideravelmente mais baixos no fígado, órgão indicador de exposição em longo prazo (Perez-Lopez, et. al, 2008; Battaglia et. al, 2005; Scheuhammer, 1987).

As concentrações de níquel nos tecidos de diferentes espécies de aves observadas em todo o mundo são geralmente baixas (Kozulin e Pavluschick, 1993; Hui, 1998; Hui et al., 1998), assim como foi visto no presente estudo.

Jerez et al. (2013) encontrou altos índices de Al no músculo, penas e conteúdo estomacal de pinguins, que pode estar relacionado a uma exposição recente a altos níveis através da dieta, já que estudos anteriores apontaram abundância de Al na área de estudo (Deheyn et al., 2005; Santos et al., 2005). As *A.hyacinthinus* também estão expostas a altas concentrações de Al encontradas no solo (MMA, 2007), uma possível fonte de contaminação.

O presente estudo está de acordo com os achados de Fritsch et al (2012), quando os resultados mostraram diferença entre o nível de contaminação entre os anos, sendo maior em 2003 do que em 2004. O ano de 2003 apresentou maiores índices pluviométricos (Guedes, 2009\_ (Figura 1) assim como maior pico de cheia do Rio Paraguai (Figura 2), que atravessa o Pantanal Sul-Mato-Grossense (Soares et al., 2009) (Figura 3), e do rio Aquidauana (Figura 4), afluente que passa pela região de Miranda (ANA, 2013), sugerindo que a contaminação ambiental e a transferência de metais para o organismo das *A.hyacinthinus* aumentem nos anos de maior inundação sendo a água uma possível via de transporte de contaminantes de outras regiões para o local do estudo.

#### 4. Conclusão

Existem níveis de alguns metais pesados no organismo das *A.hyacinthinus* e o presente estudo sugere que esta espécie é uma boa indicadora de qualidade ambiental. A análise de coágulo sanguíneo pode ser empregada para avaliar a contaminação atual do ambiente, e por ser pouco invasivo, proporciona baixo risco e menos impacto para a espécie estudada, além de bons resultados.

Os resultados desse trabalho não refletem a opinião do “Instituto Arara-Azul”.

## Referencias

ANA – Agência Nacional das Águas. Disponível em <<http://www.hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em 02 jul 2013.

Adámoli, J., 1981. O Pantanal e suas relações fitogeográficas com os cerrados. Discussão sobre o conceito de “Complexo do Pantanal”. In: Congresso Nacional de Botânica. Sociedade Brasileira de Botânica, Teresina

Battaglia, A., Ghidini, S., Campanini, G., Spaggiari, R., 2005. Heavy metal contamination in little owl (*Athene noctua*) and common buzzard (*Buteo buteo*) from northern Italy. *Ecotoxicology Environmental Safety* 60, 61–66.

Binkowski, L.J., Meissner, W., 2013. Levels of metals in blood samples from Mallards (*Anas platyrhynchos*) from urban areas in Poland. *Environmental Pollution* 178, 336-342.

Bost, C.A., & Lemaho, Y., 1993. Seabirds as bioindicators of changing marine ecosystems – new perspectives. *Acta Oecologica* 14, 463-470.

Burger, J., Gochfeld, M., 1994. Behavioral impairments of leadinjected young herring gulls in nature. *Fundam. Applied Toxicology* 23, 353–361.

Burger, J., Gochfeld, M., 1997. Lead and neurobehavioral development in gulls: a model for understanding effects in the laboratory and the field. *Neurotoxicology* 18, 486–506.

Burger, J., Gochfeld, M., 2004. Bioindicators for assessing human and ecological health, in: Wiersma GB (Eds.), *Environmental monitoring.*, Boca Raton, pp 541–66.

Casartelli, E.A., Miekeley, N., 2003. Determination of thorium and light rare-earth elements in soil water and its high molecular mass organic fractions by inductively coupled plasma mass spectrometry and on-line-coupled size-exclusion chromatography. *Analytical and bioanalytical Chemistry* 377, 58-64.



Deheyn, D.D., Gendreau, P., Baldwin, R.J., Latz, M.I., 2005. Evidence for enhanced bioavailability of trace elements in the marine ecosystem of Deception Island, a volcano in Antarctica. *Marine Environmental Research* 60, 1–33.

Di Giulio, R., Scanlon, P.,F., 1984. Heavy metals in tissues of waterfowl from the Chesapeake Bay, USA. *Environmental Pollution* 35, 29-48.

Dores, E.F.G.C., Calheiros, D.F., 2008. Contaminação por agrotóxicos na bacia do rio Miranda, Pantanal (MS). *Revista Brasileira de Agroecologia* 3, 202-205.

Ek, K.H., Morrison, G.M., Lindberg, P., Rauch, S., 2004. Comparative tissue distribution of metals in birds in Sweden using ICP-MS and laser ablation ICP-MS. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 47, 259–269.

Fritsch, C., Coeurdassier, M., Faivre, B., Baurand, P.E., Giraudoux, P., Nico, W.B., Scheifler, R., 2012. Influence of landscape composition and diversity on contaminant flux in terrestrial food webs: A case study of trace metal transfer to European blackbirds *Turdus merula*. *Science of the Total Environment* 432, 275–287.

Fry, D.M., 1995. Reproductive effects in birds exposed to pesticides and industrial chemicals. *Environmental Health Perspectives* 103, 165–171.

Garcia-Fernandez, A.J., 1994. Impregnacion por plomo y cadmio en aves silvestres de la Region de Murcia. Tese de doutorado. Servicio de Publicaciones, Universidad de Murcia.

Garcia-Fernandez, A.J., Sanchez-Garcia, J.A., Gomez-Zapata, M., Luna, A., 1996. Distribution of cadmium in blood and tissues of wild birds. *Archives Environmental Contamination and Toxicology* 30, 252–258.

Guedes, N.M.R., 2009. Sucesso reprodutivo, mortalidade e crescimento de filhotes de araras azuis *Anodorhynchus hyacinthinus* (Aves, Psittacidae) no Pantanal, Brasil. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista – UNESP.

Heckman, C.H., 1999. Geographical and climatic factors as determinants of the biotic differences between the northern and southern parts of the Pantanal Mato-grossense. In: *II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal: Manejo e*

Conservação Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Pantanal), Corumbá.

Hui, A., Takekawa, J., Baranyuk, V., Litvin, K., 1998. Trace element concentrations in two subpopulations of lesser snow geese from Wrangel Island, Russia. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 34, 197-203.

Hui, C., 1998. Elemental contaminants in the livers and ingesta of four subpopulations of the American coot (*Fulica americana*): an herbivorous winter migrant in San Francisco Bay. *Environmental Pollution* 101, 321-329.

Jerez, S., Motas, M., Benzal, J., Dias, J., Barbosa, A., 2013. Monitoring trace elements in Antarctic penguin chicks from South Shetland Islands, Antarctica. *Marine Pollution Bulletin* 69, 67–75.

Junk, W.J., Silva, C., 1999. O conceito do pulso de inundação e suas implicações para o Pantanal de Mato Grosso. In: II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal: Manejo e Conservação. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Pantanal), Corumbá.

Kalisińska, E., Salicki, W., Myslek, P., Kavetska, K. M., Jackowski, A., 2004. Using the Mallard to biomonitor heavy metal contamination of wetlands in north–western Poland. *Science of the Total Environment*. 320, 145-161.

Kozulin, A., Pavluschick, T., 1993. Content of heavy metals in tissues of mallards *Anas platyrhynchos* wintering in polluted and unpolluted habitats. *Acta Ornithologica* 28, 55-61.

Mateo, R., Belliure, J., Dolz, C., Aguilar Serrano, J.M., Guitart, R., 1998. High prevalences of lead poisoning in wintering waterfowl in Spain. *Archives of Environmental Contamination Toxicology* 35, 342–347.

MMA – Ministério do Meio Ambiente, 2007. Biodiversidade do Cerrado e Pantanal: áreas e ações prioritárias para conservação. Biodiversidade 17, Brasília.

Newton, I., 1998. *Population Limitation in Birds*. Academic Press, London.

Oliveira, M.D., Calheiros, D.F., 2000. Flood pulse influence on phytoplankton communities of the south Pantanal floodplain, Brazil. *Hydrobiologia* 427, 101-112.

Parslow, J., 1982. Heavy metals in the livers of waterfowl from the Ouse Washes, England *Environmental Pollution* 29, 317-327.

Perez-Lopez, M., Mendonza, M.H., Beceiro, A.L., Rodriguez, F.S., 2008. Heavy metal (Cd, Pb, Zn) and metalloid (As) content in raptor species from Galicia (NW Spain). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 70, 154–162.

Ramo, C., Sanchez, C., Hernandez, S.A., 1992. Lead poisoning of greater flamingos *Phoenicopterus ruber*. *Wildfowl Scientific Journal* 43, 220–222.

Santos, I.R., Silva-Filho, E.V., Schaefer, C.E., Albuquerque-Filho, M.R., Campos, L.S., 2005. Heavy metal contamination in coastal sediments and soils near the Brazilian Antarctic Station, King George Island. *Marine Pollution Bulletin* 50, 185–194.

Scheuhammer, A.M., 1987. The chronic toxicity of aluminium, cadmium, mercury and lead in birds: a review. *Environmental Pollution* 46, 263–295.

Spahn, S.A., Sherry, T.W., 1999. Cadmium and lead exposure associated with reduced growth rates, poorer fledgling success of little blue herons chicks (*Egretta caerulea*) in South Louisiana wetlands. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 37, 377–384.

Soares, M.T.S., Soriano, B.M.A., Santos, S. A., 2009. Monitoramento do comportamento do Rio Paraguai no Pantanal Sul-Mato-Grossense – 2008/2009, Corumbá.

Taggart, M.A., Figuerola, J., Green, A.J., Mateo, R., Deacon, C., Osborn, D., Meharg, A.A., 2006. After the Aznalco´llar mine spill: arsenic, zinc, selenium, lead and copper levels in the livers and bones of five waterfowl species. *Environmental Research* 100, 349–361.

Wenzel, C., Adelung, D., Theede, H., 1996. Distribution and age-related changes of trace elements in kittiwake *Rissa tridactyla* nestlings from an isolated colony in the German Bight, North Sea. *Science of the Total Environment* 193, 13–26.

## **LISTA DE TABELAS**

Metal	2003		2004		Teste	
	Mediana	Min-Máx	Mediana	Min-Máx	U	P
Cr	0,00 <sup>A</sup>	0,00-0,32	0,00 <sup>A</sup>	0,00-1,09	137,0	0,0051
Fe	205,73 <sup>A</sup>	15,76-469,84	8,56 <sup>A</sup>	0,00-601,56	141,0	0,0344
Al	59,05	20,78-199,96	48,02	0,50-182,86	189,0	0,3464
As	0,00	0,00-0,00	0,00	0,00-0,00	0,00	0,00
Cd	0,00	0,00-0,00	0,00	0,00-0,46	0,00	0,00
Cu	0,41 <sup>A</sup>	0,27-1,13	0,77 <sup>A</sup>	0,33-2,86	91,00	0,0008
Pb	0,42 <sup>A</sup>	0,15-1,07	0,02 <sup>A</sup>	0,00-0,64	57,00	P<0,0001
Mo	0,00	0,00-0,00	0,00	0,00-0,54	0,00	0,00
Ni	0,13	0,03-0,39	0,11	0,00-1,31	216,0	0,7785
Se	1,63 <sup>A</sup>	0,38-72,50	0,75 <sup>A</sup>	0,11-2,75	99,00	0,0017
Zn	11,30 <sup>A</sup>	5,17-27,46	4,84 <sup>A</sup>	0,00-13,31	85,00	0,0005

Tabela 1: Concentração mediana de metais pesados ( $\mu\text{g/g}$ ) em coágulo sanguíneo, valor mínimo e máximo de concentração ( $\mu\text{g/g}$ ) (Intervalo), análise estatística Mann Whitney (U) e significância (p) de filhotes de *Anodorhynchus hyacinthinus*. Letras maiúsculas indicam diferença significativa entre os grupos no ano de 2003 e 2004.

## **LISTA DE FIGURAS**

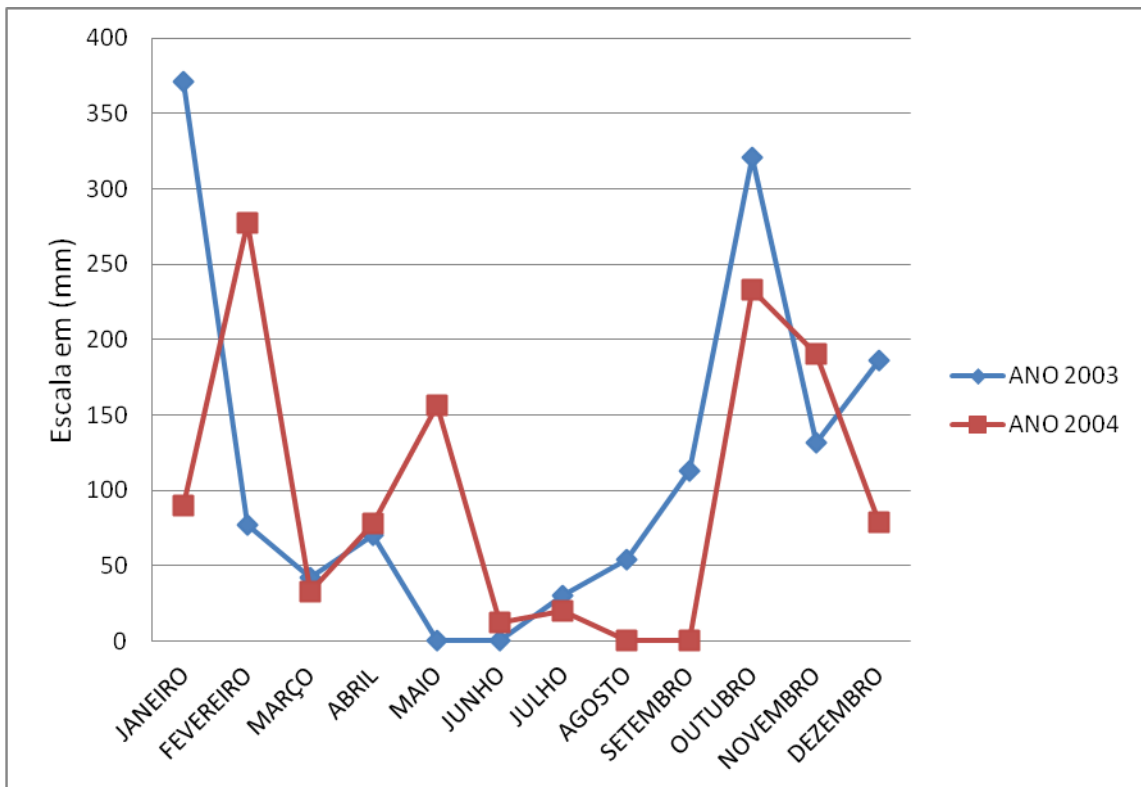


Figura 1: Gráfico do controle de chuvas, medido em milímetros, da região de Miranda, no Pantanal do Mato Grosso do Sul durante os anos de 2003 e 2004.

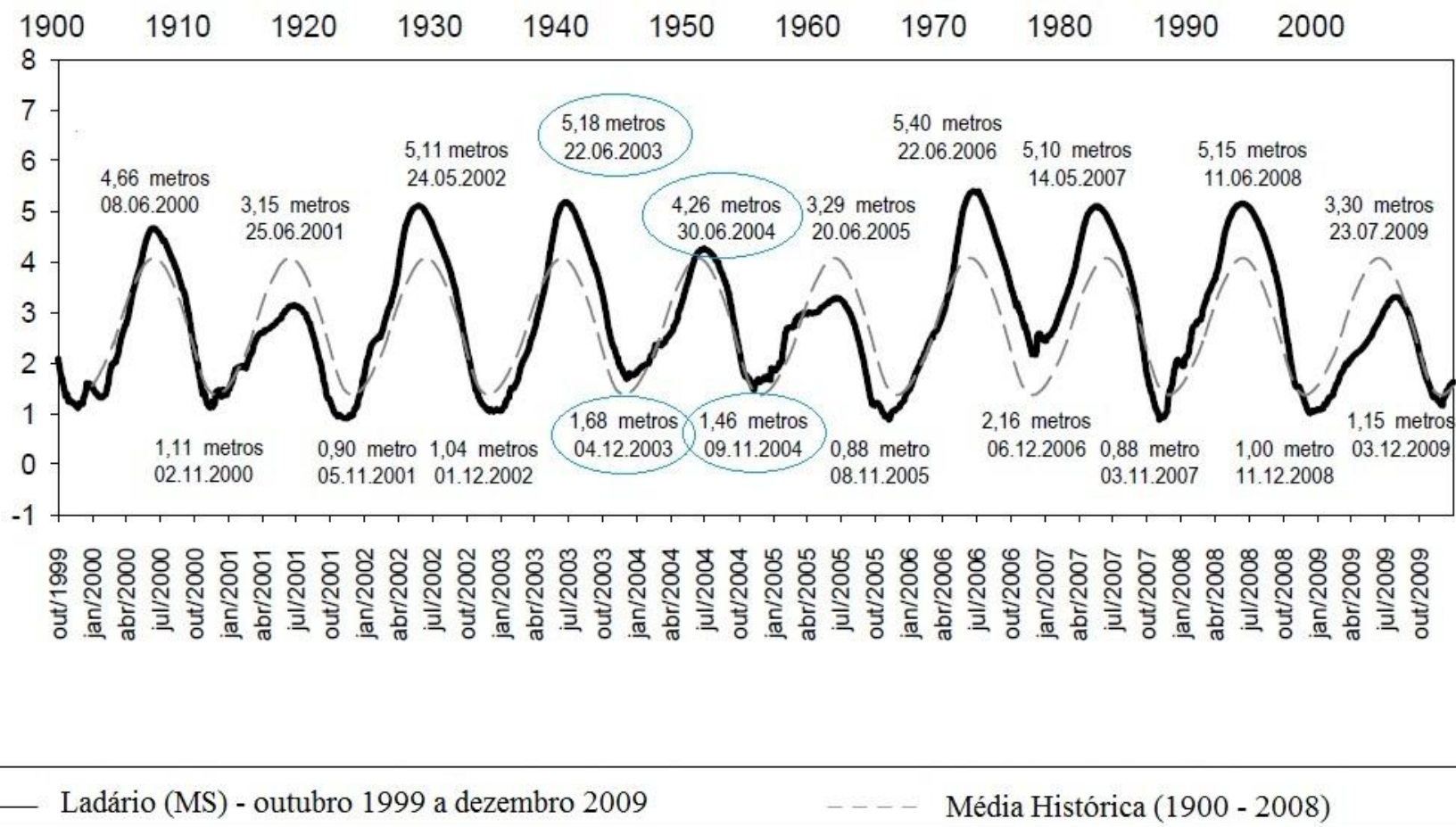


Figura 2: Cota do Rio Paraguai na região de Ladário, Mato Grosso do Sul, entre os anos de 1999 e 2009. As máximas e mínimas de cheia dos anos de 2003 e 2004 estão em destaque pela circunferência em azul, onde observa-se maior índice de cheia no ano de 2003.





Figura 3: Mapa do estado do Mato Grosso do Sul e da bacia do Rio Paraguai e seus afluentes, em destaque, apontado pelas setas, o Rio Paraguai e o Rio Aquidauana. Fonte: Rios Vivos.

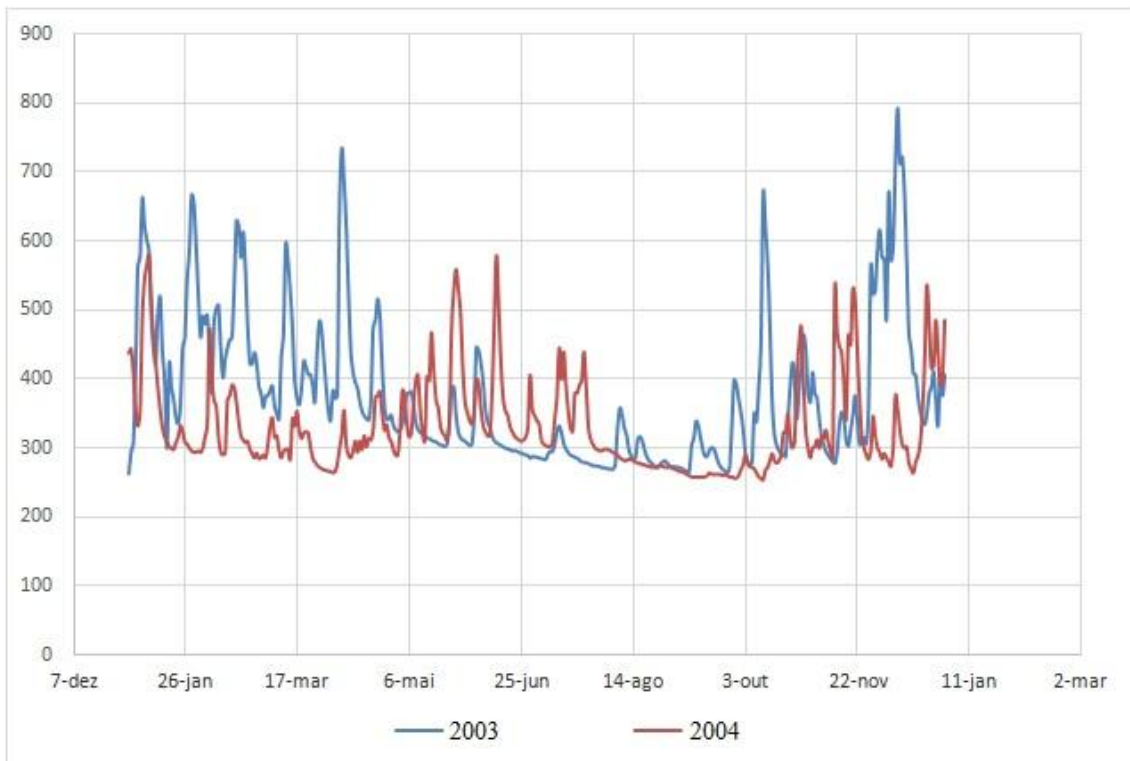


Figura 4: Cota do Rio Aquidauana nos anos de 2003 e 2004, onde se observa maiores índices de cheia no ano de 2003. Fonte: Agência Nacional das Águas – ANA.

## **CAPÍTULO 2**

A norma de citação e a estrutura de formatação deste capítulo foram realizadas seguindo as normas da Environmental Pollution, disponível em: <<http://www.elsevier.com/journals/environmental-pollution/0269-7491/guide-for-authors>>.

### **RELAÇÃO ENTRE PESO, IDADE, SUCESSO DE ECLOSÃO E CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS EM FILHOTES DE ARARA-AZUL (*Anodorhynchus hyacinthinus*- LATHAM, 1790) NO PANTANAL – MS.**

## Resumo

MARCHESI, Marina Drago. Universidade Vila Velha – UVV- Julho de 2013. **Relação entre peso, idade e sucesso de eclosão e concentração de metais pesados em filhotes de arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*- Latham, 1790) no Pantanal – MS.** Orientador: João Luiz Rossi Jr

Avaliou-se a concentração de metais pesados (selênio, zinco, ferro, cobre, molibdênio, níquel, cromo, arsênio, cádmio, chumbo e alumínio) no sangue de filhotes de arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*) capturados no Pantanal – MS (n=26) no ano de 2012, partindo da hipótese de que estas aves apresentem níveis desses metais pesados no organismo e que os mesmos tenham relação com o sucesso de eclosão, peso e idade dos filhotes. As amostras de sangue foram digeridas em ácido nítrico e ácido clorídrico e a quantificação dos metais foi realizada por ICP-OES (Espectroscopia e Emissão Óptica por Plasma Indutivamente Acoplado). As amostras de sangue de filhotes de *A.hyacinthinus* apresentaram concentrações de Cr (0,10 µg/g), Fe (3,06 µg/g), Al (3,46 µg/g), Cd (0,25 µg/g), Cu (0,74 µg/g), Mo (0,33 µg/g), Ni (0,61 µg/g), Se (0,98 µg/g) e Zn (2,08 µg/g). Os níveis de metais pesados encontrados não apresentaram relação com o peso, idade ou sucesso de eclosão.

Palavras-chave: Contaminantes ambientais, poluição, reprodução, aves silvestres, psitaciformes.

## Abstract

MARCHESI, Marina Drago, MSc. University Vila Velha - ES. July 2013. **Relationship between weight, age and hatching success and concentration of heavy metals in nestling blue macaw (*Anodorhynchus hyacinthinus*-Latham, 1790) in the Pantanal - MS.** Supervisor: João Luiz Rossi Jr

The concentration of heavy metals (selenium, zinc, iron, copper, molybdenum, nickel, chromium, arsenic, cadmium, lead and aluminum) were evaluated in the blood of nestling blue macaws (*Anodorhynchus hyacinthinus*) captured in the Pantanal - MS (n = 26) in 2012, based on the hypothesis that these birds exhibit levels of these heavy metals in the organism and that they are related to hatching success, weight and age of the chicks. Blood samples were digested with nitric acid and hydrochloric acid and the quantification of metals was performed by ICP-OES (Optical Emission Spectroscopy and Inductively Coupled Plasma). Blood samples of nestling showed Cr (0.10 µg/g) Fe (3.06 µg/g) Al (3.46 µg/g), Cd (0.25 µg/g) Cu (0.74 µg/g), Mo (0.33 µg/g), Ni (0.61 µg/g), Se (0.98 µg/g) and Zn (2.08 µg/g). The level of heavy metals found was not associated with the weight, age and successful hatching.

Keywords: Environmental contaminants, pollution, reproduction, wild birds, Psittaciformes.

## 1. Introdução

Animais e vegetais que habitam locais poluídos acabam se contaminando por absorverem elementos inorgânicos oriundos da contaminação (Pereira & Ebecken, 2009).

As aves são consideradas espécies bioindicadoras (Bost & Lemaho, 1993) particularmente por serem mais sensíveis às mudanças ambientais e mais propensas a intoxicações do que os outros animais, pois dispersam mais rapidamente o agente tóxico no organismo através do sistema respiratório, alta taxa metabólica e baixa quantidade de gordura corporal (Cubas e Godoy, 2013)

Utilizar filhotes de aves como bioindicadores é vantajoso porque, de acordo com o tempo de vida, consegue-se padronizar e detalhar a amostragem (Furness, 1993) e reflete intimamente a contaminação no habitat estudado (Burger, 1993; Furness, 1993; Janssens et al., 2002).

Métodos minimamente invasivos, utilizando sangue, fezes, pena e ovo, podem ser utilizados para quantificar níveis de metais pesados no organismo (Furness, 1993; Dmowski, 1999; Jaspers et al, 2004). A determinação dos níveis de metais pesados no sangue indica que o animal foi exposto à contaminação ambiental recente (Garcia-Fernandez, 1996)

Um dos ecossistemas que abriga um grande número de espécies de aves é o Pantanal (Sick, 1997; Nunes e Tomas, 2005) e mesmo as ameaçadas de extinção, são vistas com relativa frequência, como a arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*) que tem sua maior população habitando o ambiente pantaneiro (Guedes, 2009).

O presente estudo foi desenvolvido sob a hipótese de que a presença de metais pesados no organismo de *A.hyacinthinus* poderá influenciar no peso e idade dos filhotes e no sucesso de eclosão dos ovos. O objetivo do trabalho foi a determinar o teor de cromo (Cr), ferro (Fe), alumínio (Al), urânio (U), arsênio (As), cádmio (Cd), cobre (Cu), chumbo (Pb), molibdênio (Mo), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn) em filhotes de *A.hyacinthinus* através da análise sanguínea.

## 2. Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido com 26 filhotes de *A.hyacinthinus* de vida livre no Pantanal sul-mato-grossense no ano de 2012. O material consistia em amostra de sangue total, armazenado em microtubo, sem anticoagulante. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisas em Seres Humanos e Animais da ULBRA (CEP – ULBRA 2006-016A).

## 2.1 Local de estudo

O estudo foi realizado na base do Projeto Arara Azul, localizado no Refúgio Ecológico Caiman - REC (19°51' -19°58'S e 56°17' -56° 24'W), Município de Miranda, Pantanal, Mato Grosso do Sul. A região era composta por Floresta Estacional Semidecidual; Campos de inundação; Capões, que são ilhas de mata definida; Mata Ciliar e Campos formados por áreas abertas. A média anual de temperatura era de 25°C, com chuvas no verão e inverno seco.

## 2.2 Captura dos filhotes

Os filhotes eram capturados dentro dos ninhos naturais em manduvi (*Sterculia apetala*) e ninhos artificiais, confeccionados pelas *A.hyacinthinus*, através de técnica de ascensão com equipamento de escalada em árvore, e colocados dentro de baldes plásticos para serem transferidos do ninho ao chão.

## 2.3 Coleta de material

Com a ave contida fisicamente, foi coletado 1,ml de sangue da veia ulnar com auxílio de agulha hipodérmica 25X7 e seringa de 3 ml. Para o estudo, foi utilizado aproximadamente 1g de sangue armazenado em microtubo sem anticoagulante e congelado a -18°C.

## 2.4 Análise do material

As amostras de sangue foram digeridas, para diminuir a influência da matéria orgânica na quantificação dos metais, em um volume de 2 ml de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) puro seguidas de 10 ml de ácido clorídrico (HCl) a 5mol/L.

A digestão foi catalisada por digestor (Marconi Mod. MA 851), 280 °C, 1h (Garcia-Fernandez, 1994 – adaptado), até a solução ficar translúcida. Após a digestão, as amostras foram transferidas para balão volumétrico de 25 mL e seu volume ajustado com água ultrapura tipo 1 (deionizada e purificada em sistema Mili-Q) e posteriormente armazenadas em frascos de vidro e refrigeradas à 4°C até o momento da análise.

A solução padrão multielementar para Cr, Fe, Al, As, Cd, Cu, Pb, Mo, Ni, Se e Zn foi preparada nas concentrações entre 0,0 – 2,0 µg/mL. A quantificação foi realizada em ICP-OES (Espectroscopia e emissão óptica por plasma indutivamente acoplado) e os

limites de detecção para cada elemento foram Cr = 0,1278; Fe = 0,7040; Al = 0,0631; As = 0,0069; Cd = 0,6372; Cu = 0,2151; Pb = 0,0162; Mo = 0,0879; Ni = 0,0889; Se = 0,0585 e Zn = 0,2310.

A curva de calibração para cada metal foi obtida em triplicata e submetida à regressão em nível de confiança 95%.

A análise da influência dos metais no sucesso de eclosão dos ovos foi através do modelo de regressão logística múltipla, para discriminação entre a variável dependente “ninho com todos os ovos eclodidos” (0) e “ninho com ovo não eclodido” (1) e as variáveis independentes “concentração dos metais” Cr, Fe, Al, As, Cd, Cu, Pb, Mo, Ni, Se e Zn (Tabela 1).

## 2.5 Análise estatística

Os dados de concentração de metais foram expressos em mediana e faixa de mínima e máxima. A normalidade dos dados foi testada a partir do teste Shapiro-Wilk e submetida à ANOVA – Kruskal Wallis. A relação entre o tamanho e o peso dos filhotes foi testada por regressão linear. Para verificar se a concentração dos metais varia em função da idade e do peso dos filhotes, foi aplicado regressão linear múltipla (backwise stepwise). Todos os resultados foram considerados estatisticamente significantes quando  $p < 0,05$ .

## 3. Resultados

Entre os 11 metais analisados, as amostras de sangue de filhotes de *A.hyacinthinus* apresentaram concentrações de Cr, Fe, Al, Cd, Cu, Mo, Ni, Se e Zn.

Níveis de As e Pb foram desconsiderados por estarem abaixo dos limites de detecção. Todos os resultados das concentrações medianas de metais pesados são apresentados na tabela 2.

Os níveis de metais no sangue não são adequados na predição da eclosão (Tabela 3), pois não influenciaram na mesma ( $p > 0,05$ ) (Tabela 4).

O peso dos filhotes de *A.hyacinthinus*, usados neste trabalho, não apresentou correlação estatisticamente significativa com a idade ( $F = 1,91$ ;  $p = 0,179$ ).

A concentração de metais não variou com a idade ( $p > 0,05$ ) ou com o peso ( $p > 0,05$ ) dos filhotes de *A.hyacinthinus*.



#### 4. Discussão

Os níveis de Ni encontrados no presente estudo foram semelhantes aos achados de Abduljaleel et al. (2012) na análise sanguínea de codornas (*Coturnix coturnix japonica*), já os valores de Cr, Fe, Al, Cu, Se e Zn foram muito mais baixos em *A.hyacinthinus*.

Os valores de Cd encontrados em *A.hyacinthinus* foram maiores que os relatados por Fritsch et al. (2012) em sangue de melros (*Turdus merula*) e maiores que os achados por Abduljaleel et al. (2012) em codornas (*Coturnix coturnix japonica*).

O Cd é um metal pesado tóxico que, mesmo em concentrações muito baixas, leva a alterações no metabolismo e afeta o desenvolvimento (Burger e Gochfeld, 1994, 1997; Spahn e Sherry, 1999), porém, o crescimento dos filhotes de *A.hyacinthinus* não foi afetado pelos índices de contaminação, já que o peso não teve relação significativa com o nível de metais no sangue, corroborando com os achados de Janssens et al (2003) na Bélgica, onde, independente do gradiente de poluição, o peso dos filhotes de *great tit* (*Parus major*) não apresentou diferenças significativas, assim como em estudos realizados com corruíra (*Troglodytes musculus*) (Hofer et al., 2010) e com papa-mosca *Ficedula hypoleuca* (Eeva e Lehikoinen, 1996).

O presente estudo não encontrou relação significativa entre a idade e a concentração de metais pesados em filhotes de *A.hyacinthinus*, corroborando com os achados de Hofer et al. (2010), nos EUA, em filhotes de corruíra (*Troglodytes musculus*). A relação entre esses achados pode ser explicada pela importância da idade na bioacumulação (Furness, 1993) e, além disso, amostras de sangue indicam níveis de exposição recentes (Garcia-Fernandez, 1996).

Estudos anteriores encontraram alterações na estabilidade populacional de aves, oriundas da contaminação por metais pesados, que refletiu diretamente na reprodução reduzindo o sucesso de eclosão (Eeva et al., 1997, Eeva et al., 2009).

O sucesso de eclosão dos ovos de *A.hyacinthinus* não sofreu alterações quando relacionado com a concentração de metais pesados, o que sugere que a contaminação do local de estudo ainda não seja elevada o suficiente ao ponto de influenciar na reprodução da espécie, já que Eeva et al. (2009) estudaram os efeitos de três níveis diferentes de poluição no sucesso de eclosão de *great tit* (*Parus major*) na Finlândia, e encontrou menores taxas de eclosão em locais mais poluídos.

Existem vários estudos sobre a influência da contaminação por metais pesados no organismo das aves em vários países, porém, dentre as espécies de aves do Brasil, este é o primeiro trabalho realizado com um psitacídeo, a *A.hyacinthinus*.

Os filhotes utilizados nesse estudo, de maneira geral, não apresentaram alterações no organismo oriundas da contaminação ambiental, sugerindo que esta ainda não se encontra em níveis preocupantes para os filhotes. Diante disso, a hipótese de que a presença de metais pesados no organismo dos filhotes de *A.hyacinthinus* poderia influenciar no peso e idade dos mesmos e no sucesso de eclosão dos ovos não foi confirmada, porém vale ressaltar que este trabalho foi realizado com amostras de sangue em filhotes, o que resulta em contaminação recente e em pouco tempo de exposição, não avaliando a condição real em relação aos danos fisiológicos e reprodutivos da população.

## 5. Conclusão

Há índices de Cr (0,10 µg/g), Fe ( 3,06 µg/g), Al (3,46 µg/g), Cd (0,25 µg/g), Cu (0,74 µg/g), Mo (0,33 µg/g), Ni (0,61 µg/g), Se (0,98 µg/g) e Zn (2,08 µg/g) no organismo dos filhotes de *A.hyacinthinus*.

A presença desses metais, nas concentrações encontradas, não influencia no crescimento dos filhotes e no sucesso de eclosão dos ovos.

O sangue é um potencial método minimamente invasivo para determinação de contaminação recente em aves.

Os resultados desse trabalho não refletem a opinião do “Instituto Arara-Azul”.

## Referências

Abduljaleel, S.A., Shuhaimi-Othman, M., Babji, A. 2012. Assessment of trace metals contents i chicken (*Gallus gallus domesticus*) and quail (*Coturnix coturnix japonica*) tissues from Selangor (Malaysia). *Jornal of Environmental Science and Technology* 5, 441-451.

Bost, C.A., Lemaho, Y., 1993. Seabirds as bioindicators of changing marine ecosystems – new perspectives. *Acta Oecologica* 14, 463-470.

Burger, J., 1993. Metals in avian feathers: bioindicators of environmental pollution. *Reviews of Environmental Toxicology* 5, 203-311.

Burger, J., Gochfeld, M., 1994. Behavioral impairments of leadinjected young herring gulls in nature. *Fundamental and Applied Toxicology* 23, 353–361.

Burger, J., Gochfeld, M., 1997. Lead and neurobehavioral development in gulls: a model for understanding effects in the laboratory and the field. *Neurotoxicology* 18, 486–506.

Cubas, Z.S., Godoy, S.N., 2012. Algumas Doenças De Aves Ornamentais. Disponível em <<http://www.canarilalmada.com/download/download/Dossierdedoenças.pdf>> Acesso em 10 jan 2013.

Dmowski, K., 1999. Birds as bioindicators of heavy metal pollution: review and examples concerning European species. *Acta Ornithologica* 34,1-25.

Eeva, T., Lehtikoinen, E., 1996. Growth and mortality of nestling great tits (*Parus major*) and pied flycatchers (*Ficedula hypoleuca*) in a heavy metal pollution gradient. *Oecologia* 108, 631–639.

Eeva, T., Lehtikoinen, E., Pohjalainen, T., 1997. Pollution-related variation in food supply and breeding success in two hole-nesting passerines. *Ecology* 78, 1120-1131.

Eeva, T., Ahola, M., Lehtikoinen, E., 2009. Breeding performance of blue tits (*Cyanistes caeruleus*) and great tits (*Parus major*) in a heavy metal polluted area. *Environmental Pollution* 157, 3126-3131.

Fritsch, C., Coeurdassier, M., Faivre, B., Baurand, P.E., Giraudoux, P., Nico, W.B., Scheifler, R., 2012. Influence of landscape composition and diversity on contaminant flux in terrestrial food webs: A case study of trace metal transfer to European blackbirds *Turdus merula*. *Science of the Total Environment* 432, 275–287.

Furness, R.W., 1993. Birds as monitors of pollutants. In: Furness, R.W., Greenwood, J.J.D. (Eds.), *Birds as Monitors of Environmental Change*. Chapman and Hall, London, pp. 86–143.

García-Fernández, A.J., Sánchez-García, J.A., Gómez-Zapata, M., Luna, A., 1996. Distribution of cadmium in blood and tissues of wild birds. *Archives of Environmental Contamination Toxicology* 30, 252–258.

Guedes, N.M.R., 2009. Sucesso reprodutivo, mortalidade e crescimento de filhotes de araras-azuis *Anodorhynchus hyacinthinus* (Aves, Psittacidae) no Pantanal, Brasil. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista – UNESP.

Garcia-Fernandez, A.J., 1994. Impregnacion por plomo y cadmio en aves silvestres de la Region de Murcia. Tese de doutorado. Servicio de Publicaciones, Universidad de Murcia.

Hofer, C., Gallagher, F.J., Holzapfel, C., 2010. Metal accumulation and performance of nestlings of passerine bird species at an urban brownfield site. *Environmental Pollution* 158, 1207-1213.

Janssens, E., Dauwe, T., Bervoets, L., Eens, M., 2002. Inter- and intraclutch variability in heavy metals in feathers of great tit nestlings (*Parus major*) along a pollution gradient. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 43, 323–329.

Jaspers, V., Dauwe, T., Pinxten, R., Bervoets, L., Blust, R., Eens, M., 2004. The impact of exogenous contamination on heavy metal levels in birds. A field experiment with free-living great tits, *Parus major*. *Environmental Monitoring* 6, 356-360.

Janssens, E., Dauwe, T., Pinxten, R., Eens, M., 2003. Breeding performance of great tits (*Parus major*) along a gradient of heavy metal pollution. *Environmental Toxicology and Chemistry* 22, 1140–1145.

Nunes, A.P., Tomas, W.M., Ticianeli, F.A.T., 2005. Aves da Fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia. Mato Grosso do Sul, Corumbá.

Pereira, G.C., Ebecken, N.F.F., 2009. Knowledge discovering for coastal waters classification. *Expert Systems With Applications* 36, 8604–8609.

Sick, H., 1997. *Ornitologia Brasileira*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.

Spahn, S.A., Sherry, T.W., 1999. Cadmium and lead exposure associated with reduced growth rates, poorer fledgling success of little blue herons chicks (*Egretta caerulea*) in South Louisiana wetlands. *Archives of Environmental Contamination Toxicology* 37, 377–384.

## Conclusões Gerais

O presente estudo é de extrema importância para a ecologia e conservação da *A. hyacinthinus* no Pantanal, já que foram encontrados níveis de metais pesados no organismo das mesmas, atribuídos à contaminação proveniente do ambiente.

O elemento Fe, encontrado em níveis elevados, pode ser transferido às aves devido a sua alta concentração natural no solo do cerrado brasileiro, independente da interferência humana.

Não existem valores de referência em psitacídeos para os metais pesados estudados.

As *A. hyacinthinus* mostraram-se boas indicadores de qualidade ambiental, apesar do seu nível primário na cadeia alimentar.

Por serem aves de hábitos sedentários, as *A. hyacinthinus* refletiram os níveis de contaminação da região habitada.

A utilização de filhotes leva a padronização e melhor conhecimento das amostras.

O coágulo sanguíneo, por ser mais espesso que o sangue total, apresenta maiores concentrações de metais pesados.

## **LISTA DE TABELAS**

Filhote	Peso (g)	Idade (dias)	Gorado	Metais (µg)								
				Cr	Fe	Al	Cd	Cu	Mo	Ni	Se	Zn
746	1048	50	0	0,003	0,014	0	0,01	0,026	0,012	0,026	0,046	0,151
747	1406	80	0	0,003	0	0,65	0,01	0,033	0,013	0,029	0,048	0,129
748	1296	80	0	0,003	0	2.776	0,011	0,023	0,012	0,029	0,06	0,148
749	1049	55	0	0,003	0,151	0,549	0,011	0,033	0,013	0,028	0,041	0,121
759	1183	85	0	0,003	0,055	0,604	0,011	0,041	0,011	0,028	0,055	0,258
760	1185	85	0	0,003	0,03	0,743	0,012	0,027	0,011	0,024	0,039	0,268
761	1189	55	0	0,003	0,039	0,014	0,01	0,034	0,013	0,024	0,033	0,089
762	1187	70	0	0,004	0,307	0,034	0,01	0,031	0,012	0,024	0,033	0,084
763	1419	60	1	0,004	0,007	0,026	0,009	0,041	0,013	0,025	0,03	0,081
764	1307	60	1	0,004	0,29	0,171	0,01	0,028	0,013	0,024	0,033	0,085
765	1411	100	0	0,085	0,054	0,116	0,019	0,024	0,034	0,022	0,041	0,078
766	1286	80	1	0,005	0,863	0,058	0,009	0,035	0,015	0,024	0,036	0,093
767	1500	80	0	0,004	0,402	0,06	0,01	0,031	0,014	0,023	0,038	0,071
768	1191	60	0	0,004	0,584	0,059	0,009	0,031	0,014	0,023	0,037	0,055
769	1376	80	1	0,004	0,64	0,641	0,009	0,03	0,014	0,022	0,038	0,081
770	1303	60	0	0,003	0,873	0,123	0,008	0,029	0,015	0,023	0,038	0,126
771	1395	80	0	0,003	0,022	0,12	0,009	0,029	0,014	0,025	0,042	0,076
772	1401	80	0	0,003	0	1.042	0,009	0,027	0,013	0,026	0,038	0,083
773	953	73	0	0,009	0,958	2.349	0,008	0,03	0,013	0,022	0,041	0,091
775	1108	85	0	0,003	0,671	0,092	0,009	0,033	0,013	0,024	0,039	0,087
776	1180	95	0	0,003	0,003	0,657	0,009	0,028	0,013	0,023	0,037	0,059
777	994	75	0	0,004	1.124	0,636	0,008	0,028	0,013	0,024	0,034	0,107
778	1214	75	0	0,003	0,019	0,094	0,009	0,029	0,014	0,023	0,041	0,075
779	1416	75	0	0,007	1.217	3.491	0,01	0,029	0,013	0,023	0,03	0,057
780	1246	60	0	0,003	0,59	0,718	0,01	0,03	0,014	0,023	0,032	0,051
803	1292	100	0	0,003	0,007	0,02	0,009	0,03	0,013	0,025	0,044	0,066

Tabela 1: Lista dos filhotes com os respectivos valores de peso (g) e idade (dias), sucesso de eclosão dos ovos, onde 1 foi utilizado para determinar “ninho com ovo não eclodido” e 0 para determinar “ninho com todos os ovos eclodidos”, e os níveis da concentração de metais no sangue de *A. hyacinthinus*.

Metais	Mediana	Min - Máx
Cr	0,10	0,05-1,93
Fe	3,06 <sup>a</sup>	0,00-30,43
Al	3,46 <sup>a</sup>	0,00-87,28
As	<LoQ	
Cd	0,25 <sup>b,c</sup>	0,15-0,50
Cu	0,74 <sup>a,c,d</sup>	0,52-1,28
Pb	<LoQ	
Mo	0,33 <sup>b,c</sup>	0,22-0,77
Ni	0,61 <sup>a,c</sup>	0,40-1,00
Se	0,98 <sup>a,d,f</sup>	0,65-1,63
Zn	2,08 <sup>a,d,e,f,g</sup>	1,23-11,17

Tabela 2: Concentração mediana de metais pesados ( $\mu\text{g/g}$ ) no sangue de filhotes de *Anodorhynchus hyacinthinus* e valor mínimo e valor máximo de concentração ( $\mu\text{g/g}$ ) (Intervalo).



Classificação	Ninho com todos os ovos eclodidos	Ninhos com ovos não eclodidos	Total
Referência	22	0	22
Resposta	0	4	4
Total	22	4	26

Tabela 3: Classificação dos ninhos e sucesso de eclosão dos ovos de *Anodorhynchus hyacinthinus* de acordo com a quantificação dos metais.

Variável	Coefficiente	Desvio Padrão	Teste Estatístico	P
Constante	332,515	81650,138	0,0000166	0,997
Cr	67777,603	5164500,722	0,000172	0,990
Fe	-0,0298	9,909	0,00000902	0,998
Al	-0,132	11,918	0,000123	0,991
Cd	1923,364	2828317,717	0,000000462	0,999
Cu	-810,684	426446,369	0,00000361	0,998
Mo	26613,014	2122214,856	0,000157	0,990
Ni	-23275,505	2763082,282	0,0000710	0,993
Se	-13303,577	909040,841	0,000214	0,988
Zn	783,267	96042,564	0,0000665	0,993

Tabela 4: Influência da concentração de metais no sucesso da eclosão dos ovos de *Anodorhynchus hyacinthinus*.