

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENFERMAGEM DE RIBEIRÃO PRETO**

**RENATO IGOR DA SILVA ALVES**

**Parâmetros limnológicos, metais e bioagentes patogênicos na  
Bacia Hidrográfica do Pardo: Avaliação de risco à saúde  
humana e análise multivariada**

**Ribeirão Preto**

**2013**

**RENATO IGOR DA SILVA ALVES**

**Parâmetros limnológicos, metais e bioagentes patogênicos na  
Bacia Hidrográfica do Pardo: Avaliação de risco à saúde  
humana e análise multivariada**

Tese apresentada à Escola de Enfermagem de  
Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo  
para a obtenção do título de Doutor em  
Ciências, Programa de Pós Graduação em  
Enfermagem em Saúde Pública.

Linha de Pesquisa: Saúde Ambiental

**Orientador:** Susana Inés Segura-Muñoz

**Ribeirão Preto**

**2013**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na Publicação  
Serviço de Documentação da Enfermagem  
Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

Alves, Renato Igor da Silva

“Parâmetros limnológicos, metais e bioagentes patogênicos na Bacia Hidrográfica do Pardo: Avaliação de risco à saúde humana e análise multivariada”/ Renato Igor da Silva Alves; orientadora Susana Inés Segura Muñoz.-- Ribeirão Preto, 2013.  
133f.

Tese (Doutorado – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto/USP. Área de Concentração: Enfermagem em Saúde Pública).

1. Água superficial.
2. Sedimentos.
3. Limnologia.
4. Metais.
5. Avaliação de Risco.
6. Coliformes.
7. Parasitas.
7. Análise Multivariada.
8. Saúde Ambiental.
9. Rio Pardo.

ALVES, Renato Igor da Silva

**Parâmetros limnológicos, metais e bioagentes patogênicos na Bacia Hidrográfica do Pardo:  
Avaliação de risco à saúde humana e análise multivariada**

Tese apresentada à Escola de Enfermagem de  
Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para  
obtenção do título de Doutor em Ciências,  
Programa de Pós-Graduação em Enfermagem em  
Saúde Pública

Aprovado em ...../ ...../ .....

Banca Examinadora

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

## DEDICATÓRIA

*Às minhas queridas avós: Edith e Luzia (in memoriam).*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço,

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa concedida;

À Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (EERP-USP), pela oportunidade;

Aos meus pais, Francisco e Lúcia, e irmãos, Patrícia e Vitor, pelo amor, apoio e confiança. Só tenho a agradecer por fazer parte dessa família;

À minha orientadora (“chefe”) Profa. Dra. Susana Inés Segura-Muñoz, por mais uma vez ter acreditado e ensinado, além da amizade e paciência. Muito obrigado! Considero-me uma pessoa com muita sorte por tê-la presente durante minha trajetória acadêmica;

Aos colegas e amigos que tanto me ajudaram durante a realização do projeto: Carol, Brisa, Cássio, Meire, Maráina, Mariana, Karina, Fabiana e Osmar;

Às Professoras Doutoras Angela Magosso Takayanagui e Cristina Paschoalato, pelas contribuições no Exame de Qualificação;

A todos do Laboratório de Saúde Ambiental, pelo carinho e apoio;

Aos amigos Doutores Larissa Elias (Nóia) e Joaquim Rovira (Quim), pela ajuda durante as análises dos dados;

À Shirley Ferreira de Figueiredo, pelo bom humor, apoio e paciência em todos os momentos;

À minha tia Téo e ao meu tio Júlio, pessoas com quem sempre posso contar;

Aos amigos, em especial aos moradores do Lab, Kremutcho e Vaktolada, e à galera do MilliUni;

Aos funcionários e alunos do grupo *TecnATox da Universidad Rovira i Virgili*, Espanha;

Aos Professores Doutores Josep Lluís Domingo, Martí Nadal e Marta Schuhmacher, pela oportunidade e apoio durante minha experiência no exterior;

À minha querida, paciente, linda, companheira, namorada e amada Marília (Mah), a pessoa que me faz querer ser um homem melhor a cada dia. Ela foi uma das maravilhas que o período de pós-graduação me trouxe;

À todos aqueles que, direta ou indiretamente, participaram da elaboração e realização dessa pesquisa;

Muito Obrigado!

## EPÍGRAFE

*“A vida é uma peça de teatro que não permite ensaios. Por isso, cante, ria, dance, chore e viva intensamente cada momento de sua vida, antes que a cortina se feche e a peça termine sem aplausos.”*

*Charles Chaplin*

## RESUMO

ALVES, R. I. S. **Parâmetros limnológicos, metais e bioagentes patogênicos na Bacia Hidrográfica do Pardo: Avaliação de risco à saúde humana e análise multivariada.** 2013. 133f. Tese (doutorado) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

O objetivo do estudo foi avaliar a qualidade da água superficial e sedimento do Rio Pardo, considerando a sazonalidade e as relações entre diferentes parâmetros, e estimar o risco à saúde humana derivado da exposição aos metais. A leitura dos parâmetros limnológicos foi realizada no momento da coleta (*in situ*). Os metais em água superficial e sedimento foram analisados por Espectroscopia de Emissão Óptica com Plasma Induzido. A análise parasitológica foi realizada pelo método de sedimentação espontânea, e para *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. foi utilizado o Método *Cryptosporidium and Giardia in Water by Filtration/IMS/FA* (USEPA 1623). Já a quantificação bacteriana foi realizada por meio da técnica dos Tubos Múltiplos com Substrato Cromogênico. Para a avaliação de risco à saúde humana pela exposição aos metais presentes na água superficial foi considerado um cenário domiciliar, de acordo com o *United States Department of Energy* (USDOE) e a *United States Environmental Protection Agency* (USEPA). As técnicas foram realizadas no Laboratório de Ecotoxicologia e Parasitologia Ambiental (LEPA) da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto / USP, e no *Laboratório de Salud Medio Ambiental y Toxicología da Universidad Rovira i Virgili*, Espanha. Alguns parâmetros limnológicos (pH e Oxigênio Dissolvido) apresentaram valores acima dos estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005, assim como a avaliação bacteriológica. A análise parasitológica mostrou a presença de *Entamoeba coli*, *Hymenolepis diminuta*, *Strongyloides stercoralis*, *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. Em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos pelo CONAMA N° 357/2005, as concentrações dos metais analisados na água superficial estão em conformidade com a legislação brasileira. Os resultados das análises dos sedimentos mostraram que todos os metais apresentaram as médias das concentrações de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 344/2004, embora Cu e Cr tenham apresentado, em alguns pontos de coleta, concentrações superiores às estabelecidas para o nível 1. A avaliação de risco para a saúde humana derivada da exposição aos metais indicou que a água do Rio Pardo pode apresentar risco para elementos não carcinogênicos (As, Cd, Cr IV, Cu, Mn, Ni, Tl, Sn, V and Zn), enquanto que os valores para os elementos carcinogênicos (As) estão de acordo com os riscos aceitáveis. PCA e HCA foram aplicadas permitindo identificar variações espaciais e sazonais causadas por fatores naturais e antropogênicos, além das associações entre as variáveis. Os resultados sugerem que a qualidade das águas e sedimento do Rio Pardo é afetada por fatores naturais e antropogênicos, incluindo a estrutura geológica, mineralogia, precipitação e escoamento superficial, assim como crescimento dos espaços urbanos com consequente aumento da população e incremento de processos de industrialização regional. Há uma clara tendência de crescimento da população nas proximidades do Rio Pardo, bem como das atividades econômicas, com consequentes impactos sobre os recursos hídricos. Frente a essa realidade, que estabelece um aumento na demanda de fontes de água para consumo da população, tem-se como possibilidade estratégica para o futuro o uso desse corpo d'água para o abastecimento público de Ribeirão Preto e de outros municípios banhados pelo Rio Pardo, o que evidencia a importância deste estudo.



Palavras-chave: Água superficial. Sedimentos. Limnologia. Metais. Avaliação de Risco. Coliformes. Parasitas. Análise Multivariada. Saúde Ambiental. Rio Pardo.

## ABSTRACT

ALVES, R. I. S. **Limnological parameters, metals and pathogenic bioagents in the Pardo River Basin: Risk assessment to human health and multivariate analysis.** 2013. 133f. Tese (doutorado) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

The aim of the study was assess the quality of surface water and sediment of Pardo River, taking into account the seasonality and the relation among different parameters, and estimate the risk assessment to human health derived from exposure to metals. All measurements of limnological parameters were performed at the sampling time (*in situ*). Metals in surface water and sediment were analyzed by inductively coupled plasma spectrometry. The parasitological analysis was performed by the sedimentation method, and *Cryptosporidium* spp. and *Giardia* spp. by *Cryptosporidium and Giardia in Water by Filtration/IMS/FA* (USEPA 1623). Bacterial quantifications were carried out using the multiple tube technique with a defined substrate. The risk assessment to human health from exposure to metals was assessed under a residential scenario according to the United States Department of Energy (USDOE) and United States Environmental Protection Agency (USEPA). The techniques were performed at the Laboratory of Ecotoxicology and Environmental Parasitology (LEPA) at the Ribeirão Preto College of Nursing in the University of São Paulo (USP), and the metals analysis at the *Laboratorio de Salud Medio Ambiental y Toxicología* of the *Universidad Rovira i Virgili*, Spain. Dissolved oxygen and pH showed higher values than those set by CONAMA Resolution N° 357/2005, as well as bacteriological evaluation. The parasitological analysis showed the presence of *Entamoeba coli*, *Strongyloides stercoralis*, *Hymenolepis diminuta*, *Giardia* spp. and *Cryptosporidium* spp. The levels of analyzed metals in surface water are in accordance to the Brazilian legislation (CONAMA N° 357/2005). The results of sediments showed that all the metals had mean concentrations in accordance to brazilian legislation, but Cu and Cr presented in some points higher levels than those set by CONAMA N° 344/2004 for level 1. The risk assessment to human health derived from exposure to metals indicated that the Pardo River can be a pathway of concern for human exposures to metals for non-carcinogens elements (As, Cd, Cr IV, Cu, Mn, Ni, Tl, Sn, V and Zn), while the values for carcinogenic (As) elements were in accordance to acceptable lifetime risks. PCA and HCA were applied in order to identify spatial and seasonal variations caused by natural and anthropogenic factors, in addition to associations among variables. The results suggest the quality of water and sediment from the Pardo River is affected by natural and anthropogenic factors, including the geology, mineralogy, rainfall and runoff, as well as growth of urban areas with a consequent population increases and industrialization processes. There is a clear trend of population and economic activities growth in the Pardo River area that makes the water of the Pardo River a strategic alternative for the future supply, which highlights the importance of this study.

Keywords: Surface Water, Sediments, Limnology, Metals, Risk Assessment, Coliforms, Parasites, Multivariate Analysis, Environmental Health, Pardo River.

## Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

