

ISSN 0102-9568

Bioikos

Volume 25 | Número 1
Janeiro - Junho • 2011



PUC
CAMPINAS
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA

BIOIKOS

Revista semestral da Faculdade de Ciências Biológicas do Centro de Ciências da Vida da Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Fundada em 1987, publica trabalhos científicos originais, artigos de revisão e comunicações científicas relacionados às diversas áreas da Biologia, em especial Ambiental, Biologia Molecular e Educação, da comunidade nacional e internacional.

BIOIKOS is a biannual journal of the Biological Sciences School of the Life Sciences Center, Pontifícia Universidade Católica de Campinas. It was founded in 1987 and publishes from Brazil and around the world original scientific studies, review articles and scientific communications related to many areas of Biology, mainly Environmental, Molecular Biology and Education.

COLABORAÇÕES / CONTRIBUTIONS

Os manuscritos (um original e três cópias) devem ser encaminhados ao Núcleo de Editoração SBI/CCV e seguir as "Instruções aos Autores", publicadas no final de cada fascículo.

All manuscripts (the original and three copies) should be sent to the Núcleo de Editoração SBI/CCV and should comply with the "Instructions for Authors", published at the end of each issue.

ASSINATURAS / SUBSCRIPTIONS

Pedidos de assinatura ou permuta devem ser encaminhados ao Núcleo de Editoração SBI/CCV.

E-mail: sbi.neassinaturas@puc-campinas.edu.br

Anual: Pessoas físicas: R\$40,00 Institucional: R\$120,00
Aceita-se permuta

Subscription or exchange orders should be addressed to the Núcleo de Editoração SBI/CCV.

E-mail: sbi.neassinaturas@puc-campinas.edu.br

Annual: Individual rate: R\$40,00 Institutional rate: R\$120,00
Exchange is accepted

CORRESPONDÊNCIA / CORRESPONDENCE

Toda a correspondência deve ser enviada à Bioikos no endereço abaixo:

All correspondence should be sent to Bioikos at the address below:

Núcleo de Editoração SBI/CCV
Av. John Boyd Dunlop, s/n., Prédio de Odontologia, Jd. Ipaussurama
13060-904, Campinas, SP, Brasil.
Fone +55-19-3343-6876/6859 Fax +55-19-3343-6875
E-mail: sbi.nerevistas@puc-campinas.edu.br
Web: <http://www.puc-campinas.edu.br/ccv>

INDEXAÇÃO / INDEXING

Aquatic Sciences & Fisheries Abstracts (ASFA), CAB Abstracts and Global Health, Periódica

LISTA QUALIS

B-4

Editora / Editor

Luciane Kern Junqueira (PUC-Campinas)

Editores Associados / Associate Editors

Ambiental

Kayna Agostini (Unimep - Piracicaba)
Luiza Ishikawa Ferreira (PUC-Campinas)
Rafael Dias Loyola (UFG - Goiânia)

Biologia Molecular

Daniele Ribeiro Araújo (Universidade Federal do ABC - Santo André)
Edmilson Ricardo Gonçalves (PUC-Campinas)
José Meciano Filho (PUC-Campinas)
Leonardo Fernandes Fraceto (Unicamp - Campinas)

Educação

Eduardo Galembeck (Unicamp - Campinas)
Leda Rodrigues de Assis Favetta (Unimep - Piracicaba)
Simone Sendin Guimarães (UFG - Goiânia)

Editora Executiva / Executive Editor

Maria Cristina Matoso (SBI-PUC-Campinas)

Conselho Editorial / Editorial Board

Adauto Ivo Milanez (Instituto de Botânica - São Paulo)
Ana Lúcia Vendel (UFPA - João Pessoa)
Carminda da Cruz-Landim (Unesp - Rio Claro)
Célia Leite Sant'Anna (Instituto de Botânica - São Paulo)
Edmundo Ferraz Nonato (USP - São Paulo)
Eunice da Costa Machado (UFPR - Pontal do Paraná)
Giovana Radomille Tofoli (Universidade São Francisco - Bragança Paulista)
José Roberto Miranda (Embrapa - Campinas)
Maria José Costa Sampaio Moura (PUC-Campinas)
Olga Yano (Instituto de Botânica - São Paulo)
Paula Maria Gênova de Castro (Instituto de Pesca - São Paulo)
Paulo de Tarso da Cunha Chaves (UFPR - Curitiba)
Vadim Viviani (UFSCar - Sorocaba)
Virginia Sanches Uieda (Unesp - Botucatu)
Wesley Rodrigues Silva (Unicamp - Campinas)

Normalização e Indexação / Standardization and Indexing

Maria Cristina Matoso

O Conselho Editorial não se responsabiliza por conceitos emitidos em artigos assinados.

The Board of Editors does not assume responsibility for those opinions expressed in signed articles.

A eventual citação de produtos e marcas comerciais não expressa recomendação do seu uso pela Instituição.

The possible citation of products and brands does not express recommendation of the Institution for their use.

Copyright ©Bioikos

É permitida a reprodução parcial desde que citada a fonte. A reprodução total depende da autorização da Revista.

Partial reproduction is permitted if the source is cited. Total reproduction depends on the authorization of Bioikos.

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas e Informação – SBI-PUC-Campinas

Bioikos. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Centro de Ciências da Vida. Faculdade de Ciências Biológicas. – Campinas, SP, v.1 n.1 (jan./jun.1987-)

v.25 n.1 jan./jun. 2011

Semestral
Resumo em Português e Inglês
ISSN 0102-9568

1. Biologia – Periódicos. I. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Centro de Ciências da Vida. Faculdade de Ciências Biológicas.

CDD 574



Artigos | Articles

Ambiental | Environmental

- 3 Gross anatomy of the head lateral line and hearing system of the Ophidiinae, *Genypterus blacodes*, *Raneya brasiliensis* and *Ophidion holbrookii*, of Southern Brazil
Anatomia da linha lateral da cabeça e sistema auditivo em Ophidiinae, Genypterus blacodes, Raneya brasiliensis e Ophidion holbrookii, provenientes do Sudeste do Brasil
• Luiz Alberto Zavala-Camin, Matheus Marcos Rotundo
- 11 Frequency of morphological alterations in the fish of Lake Guaíba and its application to environmental monitoring
Frequência de alterações morfológicas em peixes e sua aplicação no monitoramento ambiental
• Fábio Flores-Lopes, Gil Marcelo Reuss-Strenzel
- 25 Probiótico na alimentação da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758), durante a inversão sexual: desempenho zootécnico e recuperação da bactéria probiótica intestinal
Probiotic in the feed of Nile tilapia (Oreochromis niloticus Linnaeus, 1758) during sex reversal: zootechnical performance and the recovery of probiotic bacteria in the intestine
• Leonardo Tachibana, Danielle Carla Dias, Carlos Massatoshi Ishikawa, Camila Fernandes Corrêa, Antônio Fernando Gervásio Leonardo, Maria José Tavares Ranzani-Paiva
- 33 Criação do vermelho-cioba (*Lutjanus analis*) submetido a diferentes dietas
Rearing of mutton snapper Lutjanus analis subjected to different diets
• Eduardo Gomes Sanches
- 41 Qualidade da água de efluentes de pesqueiros situados na bacia do Alto Tietê
Water quality in fish hatchery effluent located in the upper Tietê river basin
• Cacilda Thais Janson Mercante, Jeniffer Sati Pereira, Lídia Sumile Maruyama, Paula Maria Genova de Castro, Luciana Carvalho Bezerra de Menezes, Suzana Sendacz, Ariane Carolina Di Genaro

Ensino | Education

- 53 A universidade e as questões ambientais: a formação de professores em destaque
University and environmental issues: featuring the educational background of lecturers
• Simone Sendin Moreira Guimarães, Edson do Carmo Inforsato
- 65 Instruções aos autores
Instructions for Authors



ARTIGO | ARTICLE

Gross anatomy of the head lateral line and hearing system of the Ophidiinae, *Genypterus blacodes*, *Raneya brasiliensis* and *Ophidion holbrookii*, of Southern Brazil

Anatomia da linha lateral da cabeça e sistema auditivo em Ophidiinae, Genypterus blacodes, Raneya brasiliensis e Ophidion holbrookii, provenientes do Sudeste do Brasil

Luis Alberto Zavala-Camin¹

Matheus Marcos Rotundo¹

ABSTRACT

Cusk-eels (Ophidiinae) have been studied as fish that produce sound by using their swim bladder, but fish that are well-known for producing sound have a free swim bladder, associated with paired muscle. However, in addition to producing sound, the complex anatomy associated with the swim bladder of cusk-eels suggests that their hearing system is equivalent to or more complex than the Weberian apparatus of the Ostariophysi. The anatomy has been studied in fish caught in commercial shrimp fishery and dissected fresh or after being fixed in formalin; the bones were stained with alizarin; the head lateral lines were observed after skin removal and red syrup was then injected to enhance the lines on the head. The associated anatomy shows specializations in the head lateral line, the center of the swim bladder is fixed on the vertebrae, three specific muscles are associated and there are some exclusive organs, the complexity of which suggests great expertise in the perception of sound/pressure waves. Some hypotheses about their functions are presented in order to stimulate research into this subject.

Key words: Fish. Lateral line. Sound/pressure detectors. Swimbladder.

¹ Universidade Santa Cecília, Curso de Ciências Biológicas. R. Oswaldo Cruz, 277, Boqueirão, 11045-907, Santos, SP, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: L.A. ZAVALA-CAMIN. E-mail: <zavalacamin@hotmail.com>.

RESUMO

Os congros (Ophidiinae) têm sido estudados como peixes que produzem som com auxílio da vesícula gasosa, mas peixes bem conhecidos como produtores de som têm a vesícula gasosa livre, associada a músculo par. Entretanto, além de produzir som, a complexa anatomia dos congros sugere que seu aparelho sensorial sonoro seja equivalente ou mais complexo que o aparelho de Weber dos Ostariophysi. A anatomia tem sido estudada em peixes capturados pela pesca comercial de camarão e dissecados em fresco ou após fixados em formalina; os ossos foram corados com alizarina; as linhas laterais da cabeça foram observadas após retirar a pele da cabeça e deixar secar o interior dos canais, para logo injetar xarope vermelho. A anatomia associada mostra especializações na linha lateral da cabeça, fixação nas vértebras do terço médio da vesícula gasosa, três músculos específicos associados e órgãos exclusivos, essa complexidade sugere grande especialização para captar ondas de som/pressão. Algumas hipóteses sobre suas funções são apresentadas com o intuito de estimular pesquisas nesse assunto.

Palavras-chave: Peixes. Linha lateral. Detectores de som/pressão. Vesícula gasosa.

INTRODUCTION

Mechanical waves are detected by hair cells; conventionally, sounds are detected at long distances by the macula, and pressure waves are detected at short distance by the neuromast in the lateral line. Since the hair cell is the receptor in both cases, differences are related to the organ structure.

Some cusk-eels have a large muscle connected to the swim bladder. Due to this structure, they have been studied as producers of sounds (Rose, 1961; Marshal, 1967; Courtenay, 1971; Parmentier *et al.*, 2006; Nguyen *et al.*, 2008). Another feature is the difference between males and females, found in some species, that could be an indicator of a call to females. However, well known sound producing fish, such as Batrachoididae (Demski *et al.*, 1973) and Sciaenidae (Connaughton *et al.*, 2002) only have a drumming muscle (pair) over a free (not attached to the axial skeleton) swim bladder. Therefore, the specialized organs of the cusk-eels seem much more complex than that required to produce sound. The call to females is used for short periods of the year and the announcement of predators could be made by another sensory organ, so that the highly specialized receptors of sound/pressure should be used for a more frequent activity.

The objective of this work is to describe the gross anatomy of the sound-pressure wave receptors

of three Ophidiinae from Southern Brazil and try to associate these characteristics with the search for food, although it is not, as such, a paper about feeding.

MATERIAL AND METHODS

Cusk-eels from southern Brazil are caught secondarily in shrimp fishing; the return journey after the catch took about 20 days and the fish were preserved in ice. 131 specimens of *Ophidion holbrookii* (Putnam, 1874), 23-30cm TL; 84 *Raneya brasiliensis* (Kaup, 1856), 12-27cm TL and 70 *Gonypterus blacodes* (Forster, 1801), 59-75cm TL, were collected by the commercial fleet off the southern coast of Brazil (22.5°S - 25°S), at a depth of between 10m and 170m (average 45m) between 2006 and 2009. The scientific nomenclature follows the Eschmeyer Catalog of Fishes, electronic version (2010), of the California Academy of Sciences.

Since some Ophidiinae have sexual dimorphism, the fish were sexed to be sure that both sexes were included. However, most fish of the two smaller species were not able to be sexed via the gonads, so sex was defined in *O. holbrookii* with the help of the sexual dimorphism in the axial skeleton (Rose, 1961) and in *R. blacodes* with the sexual dimorphism at the end of the swim bladder (Robins,

1985). Fresh specimens were selected to study the anatomical features; some were boiled in water for a few minutes to facilitate the axial skeleton dissection. Specimens were fixed in formalin 10% and after 15 days conserved in 70% alcohol; the fish had the muscles on the left side of the body removed to expose the bones, swim bladder and hearing complex, including the associated muscles and were then stained with alizarin (Taylor, 1967) to facilitate the identification of the bones. The skin was removed to identify the lateral lines of the head; the fish were air-dried and red corn syrup was injected. The structures were then immediately drawn since the red color promoted by the syrup disappears within a short time.

RESULTS

General features

Some anatomical features related to sound/pressure wave perception are similar in the three species studied:

Head lateral line: Three classical pair of branches in the lateral line (Figure 1a). Supraorbital branch passing through the skull in a wide groove in the top of the neurocranium (Figure 2a in *G. blacodes*) covered by skin, in the anterior part of the head forming a wider nasal area (nasal bulla) (Figure 1c,d. - in *R. blacodes*) also covered by skin. Infraorbital branch, wider under the lacrimal bone, finds the nasal bulla in the anterior edge. Operculo-mandibular branch starts at the skull, moves towards the preoperculum and then to the lower jawbone. At the beginning of the operculo-mandibular branch, another branch runs toward the equivalent branch on the other side, called the occipital branch (Figure 1a), somewhat like the canal type II in gobioid fish (Takagi, 1988).

Ear: Large otic chamber with large sagitta; skull otic external area with tiny wall formed by part of the prootic, intercalar and basioccipital bones.

Precaudal vertebrae: First neural spine modified and fused with lateral elongated handles (Figures 2f, 3a, 4d) (handles are probably the first parapophysis or the first rib modified) associated with the swim bladder. Large and flattened parapophysis present from the 6th to the last precaudal vertebra.

Muscles (paired): The first one originated on the otic chamber wall and inserted on the swim bladder, called otic-swim bladder muscle (otic-rocker in male *O. holbrookii*). The second one originated in the exoccipital and inserted on the swim bladder anterior face and on the handle, called otic-handle muscle. The third one originated on the supraoccipital and inserted on bones upper side modified from the first neural arch, called skull-neural spine (Figure 2d in *G. blacodes*) (Rose, 1961 for description in *O. holbrookii*).

Barbels: Ophidiidae barbells (Figure 1a) are modified pelvic fins (Nielsen *et al.*, 1999). A medullary nerve from the third or fourth vertebra runs to the pelvic fins crossing over the anterodorsal sides of the swim bladder. From the pelvic fin nerve there is a branch which inserts on the pectoral fin muscles.

Swim bladder: One almost conical main chamber. Two distinct layers, the outer thick and white and the inner one thin and transparent. Extra chambers could be formed, some of only the inner layer. Anterior extreme of the swim bladder associated with muscles and modified bones, a fold suggests contraction and extension. More than half of the central portion of the swim bladder fixed on the centra and parapophysis of several precaudal vertebrae; free posterior portion.

Nasal capsules are without lamellae.

Specific features

Genypterus brasiliensis

Head: Supraorbital branch running in a rift (3.0mm wide on 59cm fish TL) on the top of the neurocranium, cranial channel dorsally opened, covered by skin, with a bone bridge near the frontal bone anterior part (Figure 2a).

Skull: Long neurocranium (Figure 2d), 29mm height (39%) in a skull 113mm long; large sagitta (15.5 x 8 x 2mm) and large otic chamber.

Vertebrae: 18+53. First to 5th without (or very short) parapophysis. Wide parapophysis appears on the 6th to 14th vertebrae, from the 6th to the 11th or the 12th vertebra where the swim bladder is fixed, the parapophysis are double layer (Figure 2e) with dorsal aorta and the kidney located in the middle; Short swim bladder free portion end. Ribs of the second to 5th vertebrae originated on the centra and associated with the swim bladder; slender second vertebra rib, large third vertebra fixed on the swim bladder, slender 4th and 5th ribs. Following ribs originated on the parapophysis.

Swim bladder: Anterior upper wall of the swim bladder with almost flat front where the handle bone, the second and third modified rib and the otic-swim bladder muscle are inserted. Outer layer inserted on the parapophysis and on the ventral centra of the 6th to 12th vertebrae. The middle swim bladder upper side inserted on the parapophysis and on the ventral sides of the centra of the 6th to 12th vertebrae; the centra can be seen in ventral view (with the swim bladder open) since it is only covered by the tiny transparent inner wall. Seven to nine toe-like extensions externally; internally, the two external toe-like extensions with separate tiny layer and forming small chambers (Figure 2c).

Muscles: Otic-swim bladder muscle originated on the skull basioccipital otic area (Figure 2c, d) and inserted on the swim bladder upper front wall. The otic-handle muscle inserts on the handle and indirectly on the swim bladder.

Stomach contents: Crustaceans (Brachyura) and fishes were the most common food observed.

Raneya brasiliensis

Head: Larger nasal bulla than in the other two species (Figures 1c, d) and associated with an ethmoid anterior extension (used as diagnostic character).

Skull: In a skull 46mm long and 18mm high, sagitta was 8 x 4 x 2mm.

Vertebrae: 15+50. First to 5th vertebrae without parapophysis; free and short second vertebra rib, large third vertebra rib associated with the handle; long 4th and 5th ribs, slender and free; 6th to 15th ribs articulated on the parapophysis distal upper side.

Swim bladder: Cone shape chamber with lateral cavities (externally like toes), and center fixed on vertebrae four to 8. Anterior lateral side attached to the handle bone. Anterior lower half (male and female) with two calcified areas (Figure 3b), bone lower inner side with several concavities (Figure 3c). In the male, swim bladder end without outer layer final end, only the transparent inner layer looking like a hole; both layers are complete in females.

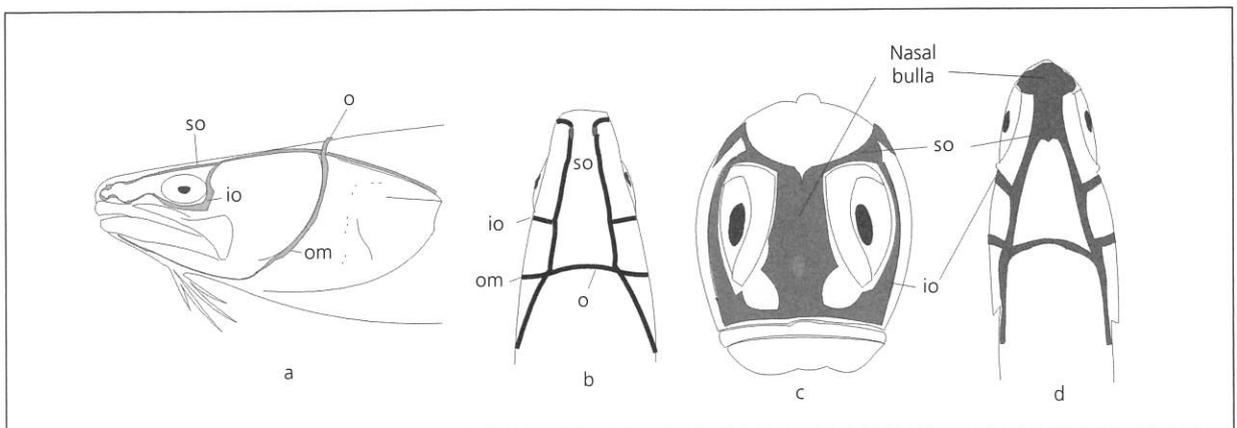


Figure 1. a, b: Lateral and upper views of *G. blacodes*; c, d: Frontal and upper views of *Raneya brasiliensis*. Head lateral lines: supraorbital (so), infraorbital (io), operculo-mandibular (om) and occipital branch (o).

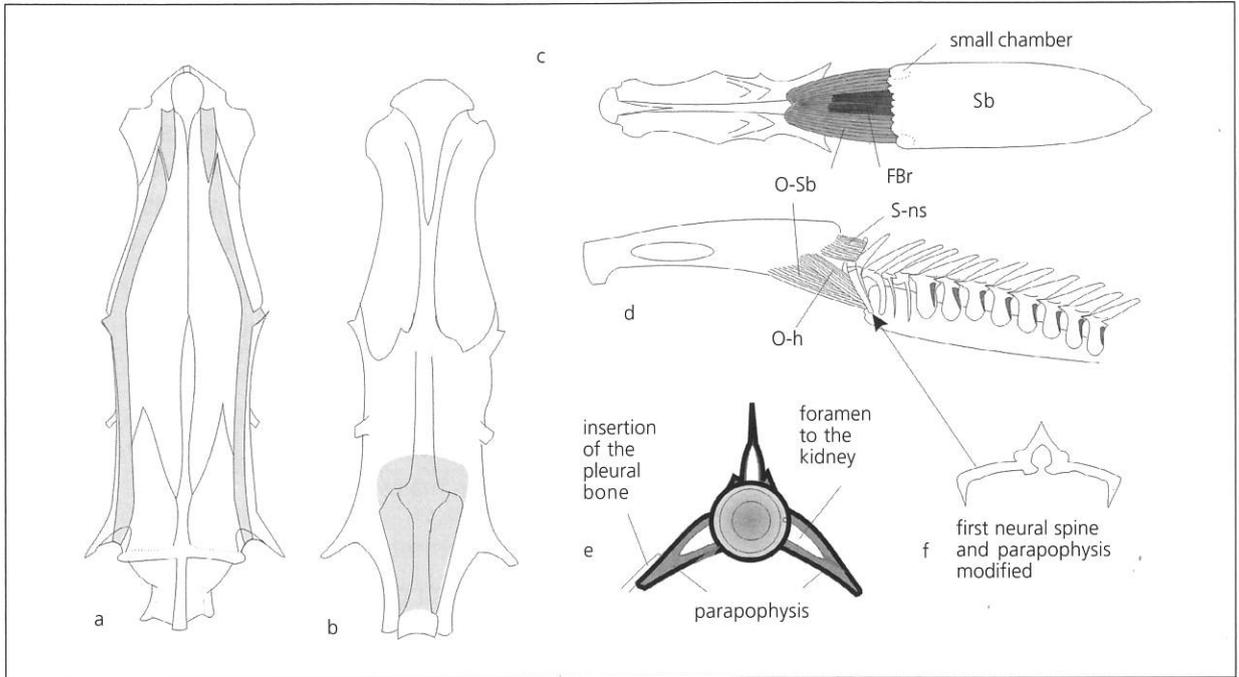


Figure 2. *G. blacodes* a) Cranium dorsal view; in grey: grooves to supraorbital branches; b) Cranium ventral view; in grey: otic area; c) Otic-swim bladder muscles ventral view (O-Sb); Sb: swim bladder; posterior portion of pharyngo-branchial muscles (FBr); d) Lateral view of the muscles related to the swim bladder and cranium (O-h: otic-handle muscle; S-ns: skull-neural spine muscle); e) 7th vertebra showing foramina on the parapophysis; f) Neural spine and parapophysis (or rib) modified from the first vertebra.

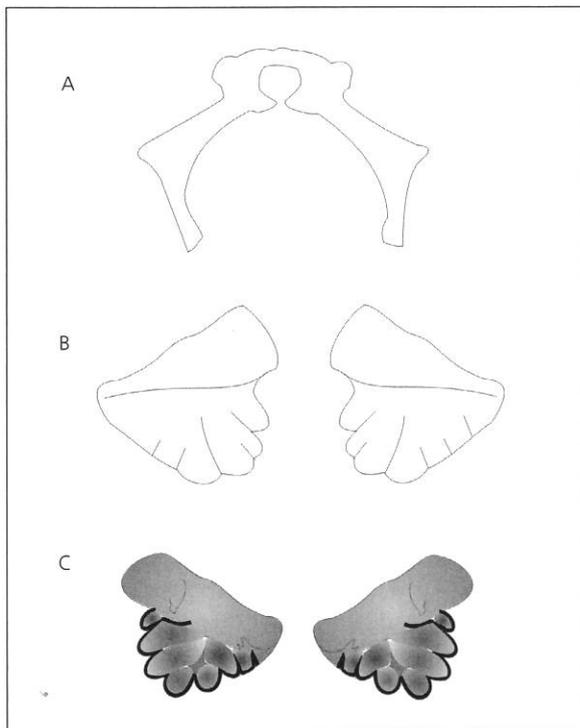


Figure 3. *Raneya brasiliensis*. A: First neural spine and parapophysis modified; B, C: Bones of the swim bladder anterior face; B front side; C inner side.

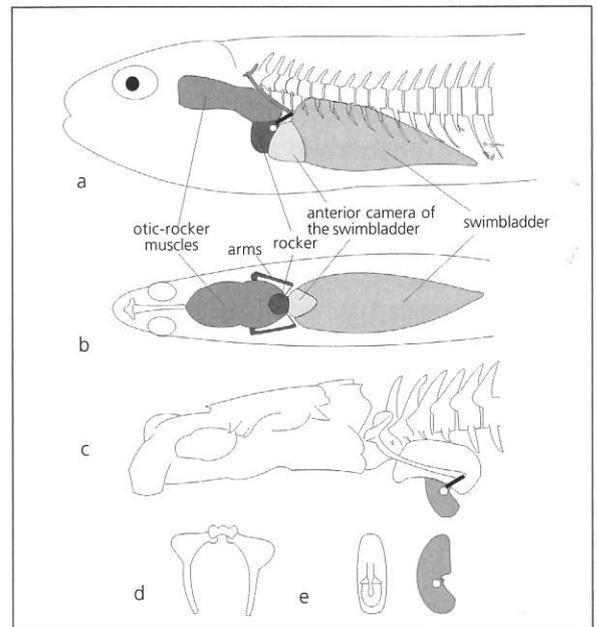


Figure 4. Lateral and ventral view of rocker associated structures in the male *Ophidium holbrookii*. a) Lateral view (without bone plates); b) Ventral view; c) Rocker position on the anterior axial skeleton (with bone plates); d) First neural spine and parapophysis modified, e) Posterior and lateral view of the rocker.

Stomach contents: Crustaceans (Brachyura), bivalve mollusks and fish were observed, including a small *Porichthys porosissimus*, a fish that is accustomed to burying itself in the sand.

In one sample of 48 specimens, 47 were males and only one was female.

Ophidion holbrookii

This is a species with sexual dimorphism represented by differences between the vertebral column and the presence of an organ called a rocker, only in the male (Rose, 1961).

Skull: In a 45mm length and 17mm height, sagitta was 8mm high, 5mm wide and 2.5mm thick, representing almost 50% of neurocranium height; very tiny skull external bone wall over the otic chamber permitting the observation of sagitta. In a 25cmTL fish, magnum foramen dimensions were 3.5mm and 2.5mm wide (locking more height than necessary to the spinal cord passage).

Vertebrae: 16+50. In the male, parapophysis transformed in plates from the second to the 5th vertebra, where rocker is situated; small plates in the female and holding the swim bladder upper anterior part. Ribs articulated on the centra from the second to 5th vertebra and above the parapophysis from the 6th to the 16th vertebra.

Rocker: specialized organ, human kidney shape (Figure 4e), with dorsal half enclosed in a cavity formed by modified parapophysis; cavity with a thick gelatinous layer probably working as lubricant, to absorb and mitigate movements. Convex anterior face and posterior face with different shapes, otic-rocker muscle inserted on the anterior superior half, and in the lateral and middle side there is a point inserting ligaments from handle bones; center has lateral grooves where swim bladder projects and forms two lateral small bulla (Figure 4e - in lateral view) covered with a layer with a similar texture to that of the swim bladder wall. Lower posterior facet is found freely in swim bladder tiny ventral chamber.

Swim bladder: Conical shape; in the male it is fixed on the 6th to 10th vertebrae (Figure 4a), the

posterior part projects to the posterior coelomic cavity. An extra, conically-shaped chamber formed only by one tiny inner layer located in the anterior lower extreme (Figure 4a, b), which inserts freely on the lower half of the rocker posterior. Part of the upper front fixed on the modified parapophysis of the first vertebra and a small fold on the sides.

Muscles: Otic-swim bladder muscle of female similar to the other two species studied, but in the male it is inserted in the rocker (otic-rocker muscle).

Stomach contents: Snails and crustaceans (Brachyura) were the most common food items observed in males.

DISCUSSION

Anatomical features of Ophidiinae species suggest a highly specialized activity in terms of sound/pressure detection, although it could also be used for production of sound.

The well developed lateral lines of the head; large sagittae; bones developed in the swim bladder front; almost half of swim bladder length fixed on the centra and large parapophysis with free anterior part to move; three specific muscles associated with the swim bladder and modified bones are indicative of a highly complex apparatus developed for detecting low frequency waves that can be produced by the movement of small animals under the sand and therefore, it could be a device to enable the search for food.

Since anatomy represents physiology, some hypotheses on how this complex apparatus works can be conducted according to the experience of other works.

The wide lateral lines on the head seem suitable for capturing low frequency sound/pressure waves. In the head lateral lines, wide channels mean selectivity to low frequency sounds (Montgomery *et al.*, 1995; Janssen *et al.*, 1999). Fish which search for food under the sand usually have large otolith organs. Large mass otoliths increase the sensitivity to low frequency sounds (Lychakov & Rebane, 2002).

The first five parapophyses are modified or slender allowing the vibration of the swim bladder anterior portion; the following parapophysis (6th to 10th) being wide and strong and permits a strong vertebrae fixation. Since well known sound producing fish have a free swim bladder, it means that the fixation should be used in more complex activities, likely to control the vibration produced in the swim bladder by the sound/pressure waves. The three muscles can be used to select, control and guide the sound.

The otic-swim bladder muscle is much larger than is required to bring the swim bladder or the rocker forward; comparatively the pharyngeal retractor muscle is small considering its heavy workload (Figure 2c, in *G. blacodes*). When the otic-swim bladder muscle contracts, it pulls on the free anterior part of the swim bladder (which is folded), thereby increasing the volume and diminishing gas density, becoming more sensitive to the vibrating sound. Therefore, the sound could be guided to the otic chamber wall by the otic-swim bladder muscle (like the Weberian ossicles). The presence of other muscle, the otic-handle muscle, almost in the same place, denotes another kind of control over the swim bladder vibration, which has an influence on the handle, associated with the muscle skull-neural spine, that could guide sound over the foramen magnum almost directly to the otic chamber. A similar type of muscle is observed in Pimelodidae (Ladich, 2001), a small muscle called tensor tripodis, with the job of controlling the vibration in the swim bladder. The presence of extra chambers in the swim bladder, some formed only by the inner wall, the ossified front in *Raneya brasiliensis* associated with the male swim bladder end only with the inner tiny layer, and the rocker presence in males of *Ophidion holbrookii*, indicates diverse, special, mechanical performances.

In searching for food under the sand (mollusks, crustaceans), fish probably use the barbels as a taste detector and head lateral lines as sound detector. The movement of prey in the sand should be enough to be detected with the specialized lateral lines of the head, low frequency vibrations transmitted to the swim bladder could be enhanced reducing

the threshold. The pelvic nerve running along the front of the swim bladder seems an obvious pathway, but could suggest the possibility of associating taste information with sound/pressure of the prey; something similar to the laterophysic connection in the chaetodontidae butterflyfish (Webb & Smith, 2000).

It is also possible to speculate that the fish could produce special sounds to hurt or disturb prey and thus identify their location by the head lateral line.

G. blacodes, both male and female, have similar sound pressure specialization, but the question is, why are the males of *R. blacodes* and *O. holbrookii* different from females? The call to the female could be a plausible answer, but if the search for food is the aim of specialization, why are males more specialized? The answer could be from the sex ratio in a given area; since only seven of 124 specimens of *O. holbrookii* and, one of *R. brasiliensis* in one sample of 48 were females, it is likely that species have segregated sexual distribution and males search for food in different places. Selective research on this issue could provide the answer.

The non-lamellar nasal chamber may indicate that odor is not very important since they have highly specialized sound/pressure detectors.

CONCLUSION

The hearing system gross anatomy of *G. blacodes*, *Raneya brasiliensis* and *Ophidion holbrookii* suggests a similar or more complex system than the weberian ossicles of the Ostariophysi. Special features in the anatomy of the three species included a groove on the neurocranium where the supraorbital branch of the head lateral line is situated, and an extra branch on the head posterior-superior side, the occipital branch. The three species have the swim bladder central portion fixed on the vertebrae, and in *G. blacodes*, the parapophysis where the swim bladder is fixed is double layered. Some hypotheses on how the organs work are presented with the aim of prompting research on the subject.

REFERENCES

- Connaughton, M.A.; Fine, M.L. & Taylor, M.H. (2002). Weakfish sonic muscle: influence of size, temperature and season. *Journal of Experimental Biology*, 205(PT5):2183-8.
- Courtenay, W.R. Jr. (1971). Sexual dimorphism of the sound producing mechanism of the striped cusk-eel, *Risola marginata* (Pisces: Ophidiidae). *Copeia*, 1971(2):259-68.
- Demski, L.S.; Gerald, J.W. & Popper, A.N. (1973). Central and peripheral mechanisms of teleost sound production. *American Zoologist*, 13(4):41-67.
- Eschmayer, W.N. (Ed.) (2010). (Catalog of Fishes, electronic version 2010. Available from: <<http://research.calacademy.org/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>>. (cited: 2 Jul. 2010).
- Janssen, J.; Sideleva, V. & Biga H. (1999). Use of the lateral line for feeding in two Lake Baikal sculpins. *Journal of Fish Biology*, 54(2):404-16.
- Ladich, F. (2001). Sound-generating and detecting motor system in catfish: design of swimbladder muscles in doradids and pimelodids. *The Anatomical Record*, 263(3):297-306.
- Lychakov, D.V. & Rebane, Y.T. (2002). Otoliths and modeling ear function. *Bioacoustics*, 12(2/3):125-8.
- Marshall, N.B. (1967). Sound producing mechanism and the biology of the deep-sea fishes. In: Tavalga, W.N. *Marine bio-acoustics*. Oxford: Pergamon Press. v.2, p.123-133.
- Montgomery, J.; Coombs, S. & Halstead, M. (1995). Biology of the mechanosensory lateral line in fishes. *Review of Fish Biology and Fisheries*, 5:399-416.
- Nguyen, T.K., Lin, H., Parmentier, E. & Fine, M.L. (2008). Seasonal variation in sonic muscle in the fawn cusk-eel *Lepophidium profundorum*. *Biological Letters*, 4(6):707-10.
- Nielsen, J.G.; Cohen, D.M.; Markle, D.F. & Robins, C.R. (1999). Ophidiiform fishes of the world (Order Ophidiiformes). An annotated and illustrated catalogue of pearlfish, cusk-eels, brotulas and other ophidiiform fish known to date. Rome: FAO. v. 18. (FAO Fisheries Synopsis 125).
- Parmentier, E.; Lagardère, J-P.; Braquegnier, J.B.; Vandewalle, P. & Fine, M.L. (2006). Sound production mechanism in carapid fish: first example with a slow sonic muscle. *The Journal of Experimental Biology*, 209:2952-60.
- Robins, C.R. (1985). The status of the Ophidiid fish *Ophidium brasiliense* Kaup. *Japanese Journal of Ichthyology*, 31(4):441-3.
- Rose, J.A. (1961). Anatomy and sexual dimorphism of the swim bladder and vertebral column in *Ophidion holbrooki* (Pisces, Ophidiidae). *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean*, 11(2):280-308.
- Takagi, K. (1988). Cephalic sensory canal system of the gobioid fishes of Japan: comparative morphology with special reference to phylogenetic significance. *Journal of the Tokyo University of Fisheries*, 75(2):499-568.
- Taylor, W.R. (1967). An enzyme method of cleaning and staining small vertebrates. Proceedings of the U.S. National Museum. *Smithsonian Institute*, 122(3596):1-17.
- Webb, J.F. & Smith, W.L. (2000) The laterophysic connection in chaetodontid butterflyfish: morphological variation and speculation on sensory function. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 355B:1125-1129.

Received on: 3/12/2009

Final version resubmitted on: 10/5/2010

Approved on: 24/6/2010



ARTIGO | ARTICLE

Frequency of morphological alterations in the fish of Lake *Guaíba* and its application to environmental monitoring

Frequência de alterações morfológicas em peixes do Lago Guaíba e sua aplicação no monitoramento ambiental

Fábio Flores-Lopes^{1,2}

Gil Marcelo Reuss-Strenzel²

ABSTRACT

This paper examined the association between the frequency of morphological alterations in fish and the physical and chemical parameters often used in monitoring water quality, with the aim of determining which places show most environmental degradation and which species are most affected. Fish samplings were standardized and carried out seasonally, using seine nets, in eleven locations in the catchment area of the *Guaíba* Lake. A total of 53,408 specimens were collected. Eight species were found to be constant in the samples and were therefore considered to be potential bioindicators. The highest frequency of morphological alterations was observed in the areas where the quality of water was the worst. Deformations of the opercular bones and of fin rays and spines were the most frequent alterations found. The repeated spatial pattern of the occurrence of deformations of fin rays and spines during two periods of study, points to this alteration as a good indicator of environmental quality.

Key words: *Guaíba*. Environmental impact. Water quality.

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Departamento de Zoologia, Laboratório de Ictiologia, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal. Porto Alegre, RS, Brasil.

² Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais. Rod. Ilhéus-Itabuna, km 16, 45662-000, Ilhéus, BA, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: F FLORES-LOPES. E-mail: <fabiologo5@hotmail.com>.

Resumo

Este artigo avaliou a associação entre a frequência de alterações morfológicas em peixes e os parâmetros físico-químicos frequentemente usados no monitoramento da qualidade da água, com o objetivo de determinar quais os locais que apresentam maior degradação ambiental e quais são as espécies mais afetadas. A amostragem de peixes foi padronizada e realizada sazonalmente com redes de arrasto do tipo picaré em onze pontos da bacia hidrográfica do Lago Guaíba. Foi coletado um total de 53 408 exemplares. Oito espécies foram consideradas constantes, o que as torna potencialmente bons indicadores. As maiores frequências de alterações morfológicas foram observadas nos pontos com pior qualidade da água. As anomalias mais frequentemente observadas foram deformação dos ossos do opérculo e deformação dos espinhos e raios das nadadeiras. A repetição dos padrões espaciais de ocorrência de deformação dos espinhos e raios das nadadeiras em dois períodos de estudo aponta este tipo de alteração como um bom indicador de qualidade ambiental.

Palavras-chave: Guaíba. Impacto ambiental. Qualidade da água.

INTRODUCTION

The classification of environmental quality in aquatic ecosystems cannot be solely based on the measurement of the level of contaminants in the water and in the sediment. In order to study the fate (bioavailability, bioaccumulation and biotransformation) of chemical substances in the aquatic environment, it is important to measure the quantity of contaminants in the biota through biological monitoring (van der Oost *et al.*, 1996). New methods have been developed, especially in the last two decades, to evaluate environmental quality and monitor effluent through direct observation of chronic or sublethal effects caused by contaminants in aquatic organisms in different stages of their life cycle (Malabarba *et al.*, 2004).

An increasing number of studies have reported the occurrence of external alterations to fish. These studies discuss the possible relationship between these alterations and the quality of the environment and they have consistently reported a low frequency of anomalies in non-polluted sites and high frequency in polluted areas, resulting from sewage discharge, industrial waste or both. Sanders *et al.* (1999) found the percentage of alterations to be reliable in assessing the condition of the fish community. This indicator has been very effective for a wide range of

types of environmental stress, and it has been particularly useful in identifying places which were degraded by the accumulation of various stress agents.

Goettems *et al.* (1987) and Malabarba & Goettems (1987) used, with satisfactory results, the analysis of the frequency of morphological change in skull bones observed in samples of *Astyanax jacuhiensis*, in monitoring the tertiary treatment system of a petrochemical plant. Adams (1990), Sindermann (1990), Flores-Lopes *et al.* (2001), Schulz & Martins-Junior (2001), Flores-Lopes *et al.* (2002), Malabarba *et al.* (2004), Flores-Lopes *et al.* (2005), Flores-Lopes & Thomaz (2011), realized the importance of using morphological alterations as indicators of environmental quality in environmental monitoring programs. The results presented by these authors showed the importance of using morphological alterations as a tool for evaluating the quality of aquatic environments.

This paper examines the association between the frequency of morphological alterations in fish and the physical and chemical parameters often used to measure water quality according to (Brasil, 2005) resolution #357, with the aim of determining the locations which show the greatest environmental degradation and the species which are most affected.

Study area

Guaíba Lake is one of the most important water resources in the state of *Rio Grande do Sul* in Brazil, supplying 1,500,000 inhabitants in the city of Porto Alegre and neighboring municipalities. The hydrographic basin of *Guaíba* Lake has an area of 85,950 km² or 30% of the area of *Rio Grande do Sul* (Fundação Estadual de Proteção Ambiental, 1992), with 80% of the GDP and 70% of the state's population (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural, 1991). Due to this high concentration of homes and factories, the lake receives a large amount of domestic and industrial waste from several sources, either directly or through its main tributaries (the rivers Gravataí, Sinos and Caí). According to Morandi & Bringhenti (1997), *Guaíba* Lake receives a large amount of pollutants from animal and rice-farming systems, besides domestic and industrial waste, via its tributaries. Analyzing the physical and chemical parameters in the *Gravataí* River near where it empties into *Guaíba* Lake, during 1992 and 1993, Morandi & Bringhenti (1997) found critically polluted waters with a high concentration of nitrates, indicating the low depurative capacity of this tributary, while faced with high levels of waste in its hydrological regime.

MATERIAL AND METHODS

Fish samples were taken seasonally from December 2002 until October 2004. Data was analyzed in two separate periods of one year. The first year comprised the period between December 2002 and December 2003. The second year comprised the period between January and December 2004.

The samples were collected using a seine net (15m x 1.5m; mesh size 0.5cm) (Malabarba & Reis, 1987), at eleven locations. Six were in *Guaíba* Lake (Pt:1 - *Gasômetro*, *Porto Alegre* municipality (30°02'06.3"S and 51°14'29.3"W); Pt.2 - *Saco da Alemoa*, *Eldorado do Sul* municipality (29°59'15.6"S and 51°14'24.1"W); Pt.3 - *Foz do Celupa*, *Guaíba*

municipality (30°06'10"S and 51°18'42.4"W); Pt.4 - *Praia da Alegria*, *Guaíba* municipality (30°08'28.7"S and 51°18'53.4"W); Pt.5 - *Barra do Ribeiro*, *Barra do Ribeiro* municipality (30°17'11.4"S and 51°18'01"W), and Pt.6 - *Praia de Ipanema*, *Porto Alegre* municipality (30°08'03"S and 51°14'07"W)) and five locations on three tributary rivers. Of these five places, two were on the *Caí* River (Pt.7 - next the bridge and BR-386 highway (29°49'22.6"S and 51°21'00"W); and Pt.8 - locality of *Morretes*, next to the mouth of the *Jacuí* River (29°55'43.9"S and 51°17'13.8"W), both in *Nova Santa Rita* municipality), one at the *Sinos* River (Pt.9 - next the bridge and BR-386 highway (29°52'36.5"S and 51°14'35.4"W)), two on the *Gravataí* River (Pt.10 - near the RS-118 highway (29°57'43.7"S and 51°00'09"W), and Pt.11 - *Passo das Canoas* (29°57'25.7"S and 51°00'23.2"W), both in the *Gravataí* municipality) (Figure 1).

At each site, a seine net was used on 4 occasions near to the shore. The specimens collected were preserved in 10% formalin. In the laboratory, the collected material was sorted, identified to the species level, according to Malabarba (1989) and preserved in 70% alcohol. Part of the analyzed material was deposited in the scientific collection of the *Universidade Federal do Rio Grande do Sul* (UFRGS). All specimens from each sample were analyzed to determine morphological alterations which were classified and grouped according to the following categories proposed by Malabarba & Goettems (1987) and Malabarba et al. (2004): A) Bone dysplasia (atrophy, hypertrophy, torsion, deformation): a1 - opercular bones; a2 - maxillo-mandibular apparatus; a3 - branchiostegal bones; a4 - fin rays and spines; a5 - other bone dysplasia. B) Tumors (neoplasias): b1 - bone neoplasias; b2 - skin neoplasias. C) Vertebral column: c1- kyphosis, lordosis and scoliosis. D) Eyes: atrophy and other dysplasia.

The chi-square test for contingency tables was applied in order to determine the association between the frequency of alteration and the sampling site. Data included the absolute frequency of specimens exhibiting each kind of morphological alteration at

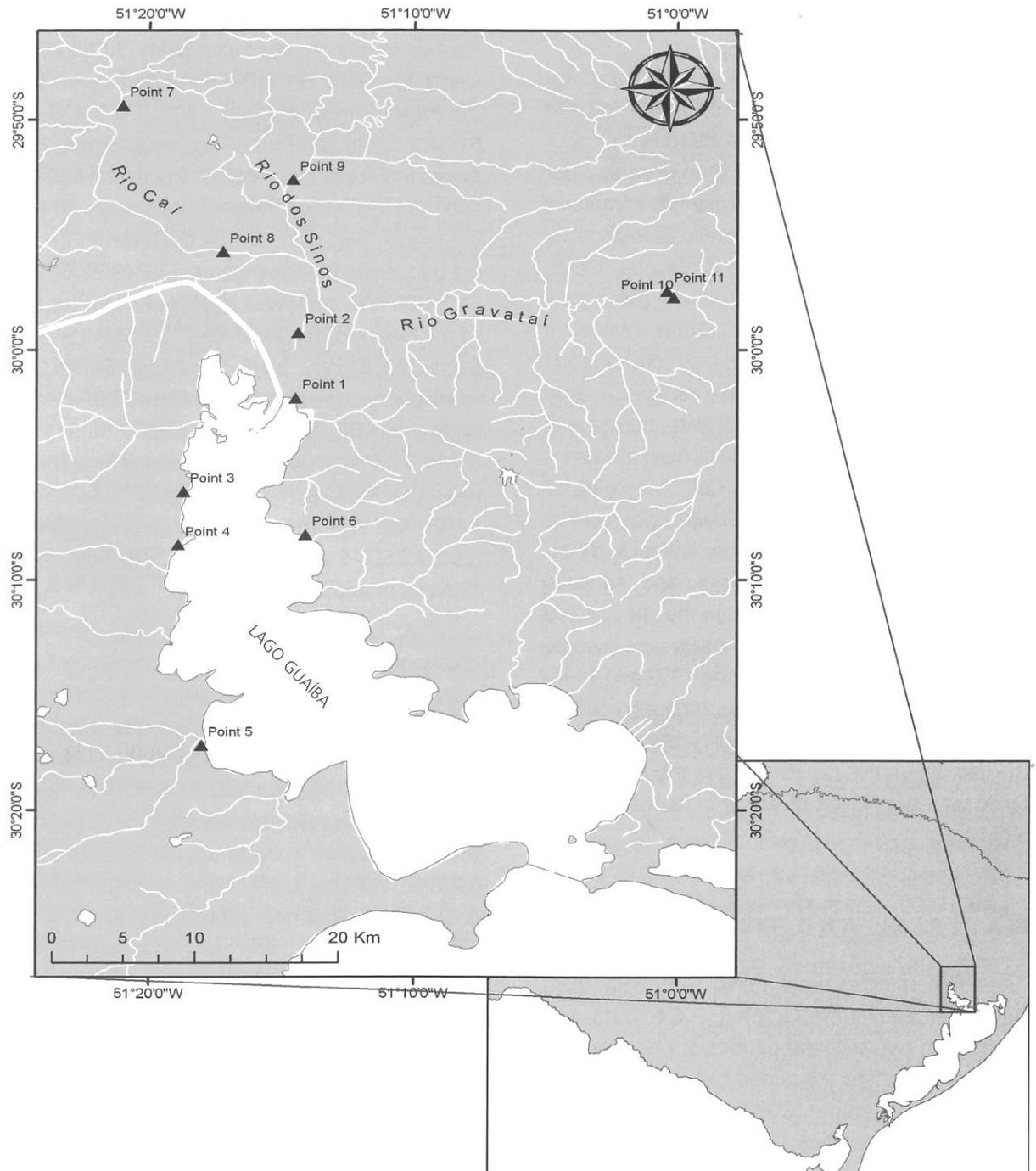


Figure 1. Map of State of *Rio Grande do Sul* (Brazil) and, in detail, the Lake *Guaíba* basin showing the flowing rivers and sampling sites.

Notes: 1) *Gasômetro*, 2) *Saco da Alemao*, 3) *Foz do Celupa*, 4) *Praia da Alegria*, 5) *Barra do Ribeiro*, 6) *Praia de Ipanema*, 7) *Cai River*, 8) *Morretes*, 9) *Sinos River*, 10) *Gravataí River* near the RS-118 Highway and 11) *Passo das Canoas*.

each sampling site. The simple chi-square test was applied separately for each alteration and for each species in order to determine which ones demonstrated non-random frequency related to the collection locations (Malabarba *et al.*, 2004). The test was applied independently for data of every one-year sampling period, as well as for data of two one-year sampling periods. In all cases, a 95% level of significance was established.

The species rate constancy was calculated according to the constancy index: $C = (p \times 100)/P$, where C is the constancy index, p is the number of samples in which the species appears and P is the total number of samples collected. The species were grouped into the following categories, according to C values: constant species - present in more than 50% of the samples; accessory species - present in 25% to 50% of the samples; accidental species - present in less than 25% of the samples.

Temperature, pH, BOD₅, O₂ and fecal coliform data were obtained from *Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE)*, *Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM)*, and *Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN)*. The physical and chemical quality of the water was determined by matching the average values obtained for each parameter in the classes established by *Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)* resolution number 357 (Brazil, 2005), which provides for the classification of bodies of water and environmental guidelines for its regulatory framework and establishes the conditions and standards for effluent discharge. This resolution defines four categories of water quality based on its physical and chemical characteristics. A principal components analysis was performed with the purpose of identifying physical and chemical parameters that influenced water quality, using the Multivariate Statistical Package v. 3.11.

RESULTS

A total of 53,408 specimens, representing sixty-six (66) species, were caught and analyzed. The species considered constant were: *Cyanocharax*

alburnus, *Astyanax fasciatus*, *Astyanax jacuhiensis*, *Rineloricaria cadeae*, *Gymnogeophagus gymnogenys*, *Cyphocharax voga*, *Hyphessobrycon luetkenii* and *Corydoras paleatus*, therefore these species could be potential bioindicators (Annex).

Of all the species examined, morphological alterations were found in nineteen of them, as follows: *Aphyocharax anisitsi*, *Astyanax fasciatus*, *Astyanax jacuhiensis*, *Cheirodon ibicuiensis*, *Corydoras paleatus*, *Cyanocharax alburnus*, *Cyphocharax voga*, *Cyphocharax spilotos*, *Geophagus brasiliensis*, *Gymnogeophagus gymnogenys*, *Hyphessobrycon luetkenii*, *Hypostomus aspilogaster*, *Parapimelodus nigribarbis*, *Pimelodella australis*, *Pimelodus maculatus*, *Pseudocorynopoma doriae*, *Rineloricaria cadeae*, *Rineloricaria strigilata* and *Serrapinnus calliurus*.

The highest frequency of morphological alteration was observed at *B. Ribeiro*, *Gasômetro* and *Gravataí* RS-118. The point *Gasômetro* showed all forms of morphological alteration. The alterations a1 (opercular bones) and a4 (fin rays and spines) were observed in all locations studied.

The chi-square test for contingency tables applied to the total frequency of alterations, showed that the occurrence of alterations is not random in *Guaíba* Lake as a whole, as well as at points *Gasômetro*, *Gravataí* RS-118, *P. Alegria*, *Passo Canoas* and *B. Ribeiro*. The occurrences of the alterations a1 (opercular bones), a2 (maxillo-mandibular apparatus) and a4 (fin rays and spines) were also not considered to be random, showing significant results for the alterations a1 (opercular bones) at points *Gasômetro*, *Passo Canoas* and *B. Ribeiro*, a2 (maxillo-mandibular apparatus) at point *P. Alegria* and a4 (fin rays and spines) at point *Gravataí* RS-118 (Table 1).

The results of the chi-square test for contingency tables applied to species that showed some kind of alteration, were statistically significant for *Astyanax fasciatus* and *Cyanocharax alburnus*. When the simple chi-square test was used for each species, only *Astyanax fasciatus* and *Corydoras paleatus* gave statistically significant results in both sampling periods.

The alterations observed in *Astyanax fasciatus* (n=10955) corresponded to a1 (opercular bones) (n=119, 1.08%), a2 (maxillo-mandibular apparatus) (n=11, 0.1%), a4 (fin rays and spines) (n=12, 0.1%), c1 (kyphosis, lordosis and scoliosis) (n=3, 0.02%), and d (eye) (n=8, 0.07%). Taking into consideration the whole sampling period, the occurrence of morphological alterations in this species was not random in the *Guaíba* Lake catchment area ($\chi^2=102.57$), nor at point *Gasômetro* ($\chi^2=36.25$). The test result was also statistically significant for the alteration a1 (opercular bones) ($\chi^2=75.97$), at *Gasômetro*. When considering separately two sampling periods of one year, the results were significant for point *Gasômetro* in both periods, and for the alteration a1 (opercular bones) at *Gasômetro* for the first sampling period (Table 2).

The alterations of *Corydoras paleatus* (n=5871) corresponded to a1 (opercular bones) (n=1, 0.01%), a2 (maxillo-mandibular apparatus) (n=7, 0.11%), a4 (fin rays and spines) (n=128, 2.18%), a5 (other bone dysplasia) (n=3, 0.051%), c1 (kyphosis, lordosis and scoliosis) (n=8, 0.13%), and d (eye) (n=2, 0.03%). The result of the chi-square test for contingency tables for this species was not statistically significant ($\chi^2=51.44$), indicating randomness in the occurrence

of morphological alterations in the catchment area of *Guaíba* Lake. The chi-square test results were statistically significant for points *Gasômetro* and *Morretes*, indicating a lack of randomness in the occurrence of alterations in these sites. The test result was statistically significant for the alteration a4 (fin rays and spines) ($\chi^2=33.61$). When the frequencies obtained were compared to the expected frequencies, the test showed the occurrence of frequencies higher than expected for the alteration a4 (fin rays and spines) at *Morretes*. The simple chi-square test result for *Corydoras paleatus* was significant for the whole catchment area in both sampling periods, and was also significant for *Morretes* in the first period and for *Gasômetro* in the second period. The test result was also significant for the alteration a4 (fin rays and spines) for both periods, at *Morretes* in the first year and *Gasômetro* in the second year (Table 3).

The alterations of *Cyanocharax alburnus* (n=3257) corresponded to a1 (opercular bones) (n=47, 1.44%), a2 (maxillo-mandibular apparatus) (n=1, 0.03%), a4 (fin rays and spines) (n=7, 0.21%), b2 (skin neoplasias) (n=4, 0.12%), c1 (kyphosis, lordosis and scoliosis) (n=1, 0.03), and d (eye) (n=10, 0.30%). The result of the chi-square test for contingency tables for this species was statistically

Table 1. Chi-square test for contingency tables of morphological alterations observed in the catchment area of Lake *Guaíba* during the sampling period (from 2002 to 2004).

Sampling point	Type of alteration									χ^2
	a1	a2	a3	a4	a5	b1	b2	c1	d	
<i>Gasômetro</i>	133.8	0.397	0.01	5.912	5.303	0.01	3.988	2.10	0.314	151.859
<i>S. Alemoa</i>	0.451	2.165	0.40	6.451	0.201	0.40	0.035	1.71	0.69	12.5077
<i>F. Celupa</i>	0.642	0.971	0.07	0.586	0.036	0	0.216	0.31	0.022	2.849974
<i>P. Alegria</i>	3.008	16.88	0.10	0.077	0.048	0.10	0.29	0.84	1.16	22.50629
<i>Barra Ribeiro</i>	32.58	0.883	3.63	0.592	0.092	0.18	0.551	0.78	2.205	41.49101
<i>P. Ipanema</i>	5.719	8.849	0.14	0.07	0.07	0.14	0.422	0.27	0.057	15.73918
<i>Cai River</i>	3.107	9E-06	0.07	0.663	0.037	0.07	0.223	1.48	0.013	5.674545
<i>Morretes</i>	0.716	8.781	0.30	1.918	0.15	0.30	0.012	2.34	0.706	15.2262
<i>Sinos River</i>	3.634	0.137	0.11	3.284	0.054	0.11	0.321	0.46	0.063	8.163309
<i>Gravataí RS118</i>	12.03	0.21	0.45	45.69	0.227	5.25	0.097	2.21	5.638	71.82277
<i>Passo Canoas</i>	54.6	1.514	0.43	0.788	0.633	1.27	0.167	0.07	0.521	59.98378
Total	250.3	40.79	5.71	66.03	6.851	7.835	6.323	12.58	11.39	407.8237

(GL= 80, χ^2 tab= 101.87, $\alpha= 0.05$); simple χ^2 test for collecting spot comparison (GL= 10, χ^2 tab= 18.30, $\alpha= 0.05$); simple χ^2 test for the frequencies of alterations (GL= 8, χ^2 tab= 15.50, $\alpha= 0.05$); Pt. 1) *Gasômetro*; Pt. 2) *S. Alemoa*; Pt. 3) *F. Celupa*; Pt. 4) *P. Alegria*; Pt. 5) *B. Ribeiro*; Pt. 6) *P. Ipanema*; Pt. 7) *Cai River*; Pt. 8) *Morretes*; Pt. 9) *Sinos River*; Pt. 10) *Gravataí RS 118* and Pt. 11) *Passo das Canoas*.

Values in bold type: statistically significant.

Table 2. Simple chi-square test for the alteration a1 - opercular bones, for the species *Astyanax fasciatus*.

	December 2002 to December 2003					January to December 2004			
	n	f	Fi	χ^2		n	f	Fi	χ^2
<i>Gasômetro</i>	2,433	95	51.5	36.7	<i>Gasômetro</i>	2,401	1	0.88	0.02
<i>Saco da Alemoa</i>	645	10	13.7	1.0	<i>Saco da Alemoa</i>	563	0	0.21	0.21
<i>Foz do arroio Celupa</i>	335	0	7.1	7.1	<i>Foz do Arroio Celupa</i>	142	0	0.05	0.05
<i>Praia da Alegria</i>	356	2	7.5	4.1	<i>Praia da Alegria</i>	234	0	0.09	0.09
<i>Barra do Ribeiro</i>	752	1	15.9	14.0	<i>Barra do Ribeiro</i>	277	0	0.10	0.10
<i>Praia de Ipanema</i>	313	0	6.6	6.6	<i>Praia de Ipanema</i>	571	0	0.21	0.21
River <i>Caí</i>	8	0	0.2	0.2	River <i>Caí</i>	2	0	0.00	0.00
River <i>Caí-Jacuí</i>	295	9	6.2	1.2	River <i>Caí-Jacuí</i>	382	0	0.14	0.14
River <i>Sinos</i>	162	0	3.4	3.4	River <i>Sinos</i>	121	0	0.04	0.04
River <i>Gravataí</i> RS118	73	0	1.5	1.5	River <i>Gravataí</i> RS118	68	0	0.03	0.03
River <i>Gravataí</i> PC	154	0	3.3	3.3	River <i>Gravataí</i> PC	668	1	0.25	2.31
Total	5,526	117		79.1	Total	5,429	2		3.19

(GL = 10, $\chi^2_{tab} = 18.307$ for $\alpha = 0.05$; n: number of individuals; f: observed frequency; Fi: expected frequency for the sample); Pt. 1) *Gasômetro* Pt. 2) *S. Alemoa*; Pt. 3) *F. Celupa*; Pt. 4) *P. Alegria*; Pt. 5) *B. Ribeiro*; Pt. 6) *P. Ipanema*; Pt. 7) *Caí* River; Pt. 8) *Morretes*; Pt. 9) *Sinos* River; Pt. 10) *Gravataí* RS 118 and Pt. 11) *Passo das Canoas*.

Values in bold type: statistically significant.

Table 3. Simple chi-square test for the alteration a4 - fin rays and spines, for the species *Corydoras paleatus*.

Sampling point	December 2002 to December 2003					January to December 2004			
	n	f	Fi	χ^2		n	f	Fi	χ^2
<i>Gasômetro</i>	1,553	6	20.422	10.185	15	5	0.4671	43.986	
<i>S. Alemoa</i>	15	0	0.1972	0.1972	0	0	0	0	
<i>F. Celupa</i>	12	0	0.1578	0.1578	4	0	0.1246	0.1246	
<i>P. Alegria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>B. Ribeiro</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>P. Ipanema</i>	4	0	0.0526	0.0526	0	0	0	0	
<i>Caí</i> River	64	1	0.8416	0.0298	4	1	0.1246	6.1523	
<i>Morretes</i>	413	21	5.4309	44.633	1	0	0.0311	0.0311	
<i>Sinos</i> River	58	0	0.7627	0.7627	11	0	0.3426	0.3426	
<i>Gravataí</i> RS 118	1,030	14	13.544	0.0153	1,051	28	32.73	0.6836	
<i>Passo Canoas</i>	121	1	1.5911	0.2196	1,515	47	47.18	0.0007	
Total	3,270	43		56.253	2,601	81		51.321	

(GL = 10, $\chi^2_{tab} = 18.307$ for $\alpha = 0.05$; n: number of individuals; f: observed frequency; Fi: expected frequency for the sample); Pt. 1) *Gasômetro* Pt. 2) *S. Alemoa*; Pt. 3) *F. Celupa*; Pt. 4) *P. Alegria*; Pt. 5) *B. Ribeiro*; Pt. 6) *P. Ipanema*; Pt. 7) *Caí* River; Pt. 8) *Morretes*; Pt. 9) *Sinos* River; Pt. 10) *Gravataí* RS 118 and Pt. 11) *Passo das Canoas*.

Values in bold type: statistically significant.

significant ($\chi^2 = 178.81$), indicating no randomness in the occurrence of morphological alterations in the catchment area of *Guaíba* Lake. The chi-square test result was statistically significant for point *Caí* River, indicating no randomness in the occurrence of alterations at this site. The test results were statistically significant for the alterations a1 (opercular bones) ($\chi^2 = 115.5$), a4 (fin rays and spines) ($\chi^2 = 34.59$) and d(eye) ($\chi^2 = 16.12$). When the frequencies obtained were compared to expected frequency, the test showed the frequency occurrence higher than

expected for the alterations a1 (opercular bones), a4 (fin rays and spines) and c1 (kyphosis, lordosis and scoliosis) at *Caí* River. The simple chi-square test for *Cyanocharax alburnus* yielded a significant result, taking into consideration the whole catchment area only in the first sampling period and for *Gasômetro* in the first period. The test results were also significant for the alteration a1 (opercular bones) at *Gasômetro* in the first year and for the alterations b2 (skin neoplasias) at *Gasômetro* and d(eye) at *Caí* River in the second sampling period.

Analysis of the physical, chemical and biological parameters

The main component analysis of the physical and chemical parameters produced two significant axes that showed a cumulative percentage of 67.21% of the variation among the sampling sites. The point *B. Ribeiro* was the one with the best water quality of the whole catchment area due to the highest average O_2 and the lowest average for fecal coliforms and BOD_5 . This site was classified as class I, per the CONAMA resolution, for all the parameters studied. The localities *S. Alemoa*, *F. Celupa*, *P. Alegria* and *P. Ipanema* showed lower water quality than did *B. Ribeiro*, varying from good to reasonable during the sampling period. Both sites were classified as class I for pH, O_2 and BOD_5 . With regard to the presence of fecal coliforms, *S. Alemoa* was classified as class IV, *F. Celupa* as class II and *P. Alegria* as class III.

The highest variations in temperature were observed in points *F. Celupa* and *B. Ribeiro*. The site *P. Ipanema* showed a reasonable water quality, which varied from good to reasonable during the sampling period. The points *Gasômetro*, *Caí River*, *Morretes* and *Sinos River* showed the worst quality, which was due to the lowest averages of O_2 and the highest averages of fecal coliforms and BOD_5 . A small variation in temperature and a high variation in pH were also observed at these sites. The *Gasômetro* may be considered to have the worst quality due to a high average of fecal coliforms and BOD_5 and a low average of O_2 during the whole sampling period. The sites *Gravataí RS-118* and *P. Canoas* showed a reasonable quality. The variation in temperature observed at these points was very small.

DISCUSSION

Analysis of the frequency of morphological alterations was used with satisfactory results for Goettems *et al.* (1987) in monitoring the efficiency of waste stabilization ponds in the tertiary treatment of effluent end petrochemicals.

The analysis of the fish in the catchment area of *Guaíba* Lake showed that there was no

randomness in the occurrence of morphological alterations, and that the frequency of alterations in fish as a whole, as well as for some species, indicates low environmental quality. The analysis also demonstrated that there was no randomness in the point *Gasômetro*, *P. Alegria*, *B. Ribeiro*, *Gravataí RS-118* and *P. Canoas*.

Malabarba *et al.* (2004) observed a frequency occurrence higher than expected for alterations in the fins (a4 - fin rays and spines) of *Corydoras paleatus* in their first period of sampling (1992) in *S. Alemoa*. These authors also showed that the occurrence of this anomaly was considered casual for the entire basin. Unlike these authors, the result observed in this study for *Corydoras paleatus* was the same for both sampling periods, showing no randomness in the occurrence of this alteration for this species and higher frequency at points *Gasômetro* and *Morretes* which also showed higher environmental degradation according to the physical and chemical parameters established in the CONAMA resolution. The difference between the results obtained by Malabarba *et al.* (2004) and those obtained in this study are probably due to different, natural or environmental factors present in this environment. *Guaíba* Lake receives a variety of substances, many of which are not detectable in traditional physical and chemical properties. These authors pointed out that each species demonstrated a different kind of alteration, which was probably associated with different origins, such as the high frequency of alterations in *C. alburnus* caused by parasites and *A. fasciatus*, probably caused by chemicals. Furthermore, in this basin, there is a large flow of water and a large dilution of the substances that are released into this environment, so that there is a higher concentration of them at different times.

Similarly, the chi-square test for contingency tables, considering all species and all alterations, showed an association between the higher frequency of alterations and the degree of contaminant impact (CONAMA resolution for points *Gasômetro*, *P. Alegria*, *Gravataí RS-118* and *P. Canoas*). This association was demonstrated again through the simple chi-square test which associated point

Gasômetro with the frequency of alteration a1 (opercular bones) in *Astyanax fasciatus* and *Cyanocharax alburnus*, a4 (fin rays and spines) in *Astyanax jacuhiensis*, *Cheirodon ibicuihensis* and *Corydoras paleatus*, b1 (bone neoplasias) in *Gymnogeophagus gymnogenys*, and b2 (skin neoplasias) in *Cyanocharax alburnus*. Flores-Lopes & Thomaz (2011), in a study of the same area, observed that the species *A. fasciatus* displayed mean values for the intensity of histopathological alterations that were at their highest at *Praia das Pombas* and the sites *Gasômetro*, *S. Alemoa*, *F. Celupa* and *P. Ipanema*. These authors demonstrated that the highest mean values of HAI (Histopathological Alteration Index) were also observed in *Guaíba* Lake and that *F. Celupa* differed significantly from the other sampling sites for species *A. fasciatus* and *Cyanocharax alburnus*, as it had higher HAI values and mean values (over 100 for *C. alburnus*), showing itself to be associated with environments with major degradation of environmental quality, mainly chemical contamination. These results demonstrate that, based on this method, *F. Celupa* can be considered as having the worst environmental quality in the hydrographic basin studied.

Sanders *et al.* (1999) showed that high alteration percentages are associated with fish assemblages of poor or very poor quality, and that low levels of alterations are related to assemblages of very good or exceptional quality. Among all the sampling points, *Gasômetro* can be considered the one with the worst environmental quality, both by the frequency of morphological alterations in the fish as well as by CONAMA resolution criteria, being considered as class IV. The parameters that most influenced the analysis were fecal coliforms and BOD₅, and the one that had least influence was O₂. These results are very similar to those observed by Bendati *et al.* (2003) who ranked *Guaíba* Lake as class IV or higher, and the quality of the water at *Gasômetro* from average to poor. These authors observed that this region receives a large amount of discharge from the sewers of Porto Alegre's central neighborhoods in the *Ponta da Cadeia* (*Gasômetro*) and from the *Dilúvio* and *Cavahada* creeks. According to Faria &

Lersch (2001), the contamination of this region is predominantly organic in origin, also due to the direct influence of the *Gravataí* River which receives waste from the largest number of sewer pipes.

In this study, the chi-square test result demonstrated that the point *Gravataí*/RS-118 showed no randomness in the occurrence of morphological alterations a1 (opercular bones) and the point *P. Canoas* showed no randomness in occurrence of a4 (fin rays and spines). These results agree with Bendati *et al.* (1998) and Bendati *et al.* (2003) who reported that the mouth of the *Gravataí* river is the most contaminated area, indicated by the absence of macro-invertebrates, the amount of waste in the water, the high values of biochemical, oxygen demand, conductivity and reduced dissolved oxygen, refuting the reasonable quality of the water, this study being in agreement with the CONAMA resolution. Bendati *et al.* (2003), also report that the left bank, where our samples were taken, is influenced by local, geographic conditions with the formation of bays, where the water shows greater stagnation and poor renewal, so that contaminants remain there for longer periods. The fact that point *Gasômetro* has the biggest problem with water quality explains why it shows the highest variety in types of morphological alteration.

Although the point *B. Ribeiro* has shown no randomness in the occurrence of morphological alterations a1 (opercular bones), it was classified as a good-quality spot according to the CONAMA resolution, being considered as class I. At this site, however, *Cyphocharax voga* and *Gymnogeophagus gymnogenys* have exhibited a higher frequency than expected for the alteration a4 (fin rays and spines) in the second sampling period, which was not observed in the first sampling period. Malabarba *et al.* (2004) observed, during the years 1992 – 1996, a high occurrence of vertebral deformities c1 (kyphosis, lordosis and scoliosis) in *Cyanocharax alburnus* in *Guaíba* Lake and Flores-Lopes *et al.* (2002) associated this alteration infection with by metacercarians of digenetic trematodes in the vertebral column.

Malabarba *et al.* (2004) also noted high alteration frequency in the eyes (d) of *Astyanax*

fasciatus and a high alteration frequency in the fins (a4) and tumors (b1) in *Rineloricaria strigilata* in samples taken between the years 1992 and 1996, and they and Flores-Lopes *et al.* (2001) related this to environmental factors, especially chemicals. The high frequency of these kinds of alterations was not observed in *Cyanocharax alburnus* and *Astyanax fasciatus* in this period of study (2002-2004), and samples of *Rineloricaria strigilata* were too small to compare to data obtained previously. This contrast with the classification as classes shows the importance of using other methods for the evaluation of water quality, not just relying on physical and chemical parameters. These results indicate the possible presence of other stressing agents in this area that are not detected by traditional analysis methods, a reduction of chemicals discharged into the environment or a greater dilution of these compounds. The results demonstrated the enhanced sensitivity of individual to various substances or environmental factors.

The use of methodologies that assess the condition of the bodies of water together with physical and chemical parameters, permits a greater understanding of the complexity of aquatic environments, since these tests provide information on abiotic factors, biotic parameters of the fish assemblage and ecosystems. According to Graney *et al.* (1995), depending on the variety of environmental factors, such as the dynamic aspects of biological cycles in the short and long terms, the critical importance of the organisms' interaction to determine the response of ecosystems to a stressor, can create considerable uncertainty, the level of responses that result from tests with a single species and can be extrapolated to field situations.

Based on the results obtained, we may draw the conclusion that the analysis of morphological alterations for some species of fish can be used as a tool in the evaluation of water quality in environmental monitoring programs, indicating which areas, periods and species are being affected most by the degradation of the environment. Through this study, it was possible to observe that the alterations of type a1 (opercular bones) and a4 (fin rays and

spines) were the most frequent and this is probably linked to the presence of chemical environmental factors not found in traditional physical and chemical properties. The results of this study, as well as those obtained previously by Malabarba *et al.* (2004), demonstrate the need to study all the fish populations of the Guaíba Lake basin, as well as its sensitivity to the presence of various stressors that are discharged into it. These studies reinforce the need to decrease the discharge of waste from various sources, such as pesticides, organic waste, detergents and heavy metals into the basin, in order to preserve the species in these places.

ACKNOWLEDGMENTS

I wish to thank my colleagues from the Laboratory of Ichthyology at *Universidade Federal do Rio Grande do Sul* for field work support, Prof. Dr. Luiz Roberto Malabarba and Prof. Dr. Roberto Esser dos Reis for identification of specimens. *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* provided a fellowship to FFL (proc. 476821/2003-7). I also thank Dr. A. Leyva for the editing of the English in this manuscript.

REFERENCES

- Adams, S. M. (1990). Status and use of biological indicators for evaluating the effects of stress on fish. *American Fisheries Symposium*, 8:1-8.
- Bendati, M.M.A.; Maizonave, C.R.M.; Olabarriaga, E.D. & Rosado, R.M. (1998). Use of the benthic macroinvertebrate community as a pollution indicator in the Gravataí River (RS, Brazil). *Verhandlungen - Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 26:2019-23.
- Bendati, M.M.; Schwarzbach, M.S.R.; Maizonave, C.R.M.; Almeida, L.B. & Bringhamti, M.L. (2003). Avaliação da qualidade da água do lago Guaíba. Subsídios para a gestão da bacia hidrográfica. *Ecos Pesquisa DMAE*, 4(7):34.
- Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2005). Resolução 357, de 17 de março de 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. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 17 March 2005.

- Empresa Assistência Técnica e Extensão Rural. (1991). *Manejo dos recursos naturais renováveis (área do Projeto 4): Pro-Guaíba*. Porto Alegre: EMATER. (Resumo Parcial).
- Faria, C.M. & Lersch, E.C. (2001). Monitoramento das águas do delta e foz dos rios formadores do Guaíba. *Ecologia Pesquiça DMAE*, 2(5):63.
- Fundação Estadual de Proteção Ambiental. (1992). *Rio Grande do Sul - 92: perfil ambiental e estratégias*. Porto Alegre: FEPAM.
- Flores-Lopes, F.; Malabarba, L.R.; Pereira, E.H.L. & Silva, J.F.P. (2001). Alterações histopatológicas em placas ósseas do peixe cascudo *Rineloricaria strigilata* (Hensel) (Teleostei: Loricariidae) e sua frequência no lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18(3):699-709
- Flores-Lopes, F.; Malabarba, L.R.; Silva, J.F.P. & Pereira, E.H.L. (2002). Histologia de deformidades vertebrais em *Astyanax alburnus* (Hensel, 1870) (Ostariophysi: Characidae) do lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS, Série Zoologia*, 15(1):137-55.
- Flores-Lopes, F.; Cognato, D.P. & Malabarba, L.R. (2005). Alterações histopatológicas observadas nas brânquias do Lambari *Astyanax jacuhiensis* (Linnaeus, 1758) (Teleostei: Characidae) sob influência de efluentes petroquímicos. *Revista Brasileira de Toxicologia*, 18(2):99-104.
- Flores-Lopes, F. & Thomaz, A.T. (2011). Histopathologic alterations observed in fish gills as a tool in environmental monitoring. *Brazilian Journal of Biology*, 71(1):1-10.
- Goetttems, E.M.P.; Teixeira, E.L. & Malabarba, L.R. (1987). Biological aspects in the evaluation of tertiary lagoons and efficiency in the removal of organic pollutants. *Proceedings of the IAWPRC Biennial International Conference*, Porto Alegre.
- Graney, R.L.; Giesy, J.P. & Clark, J.R. (1995). Field studies. In: Rand, G.M. (Ed.). *Fundamental of aquatic toxicology: effects, environmental fate and risk assessment*. 2nd ed. Washington: Taylor and Francis, Chapter 9:257-306.
- Malabarba, L.R. (1989). Histórico sistemático e lista comentada das espécies de peixes de água doce do Sistema da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS, Série Zoologia*, 2(8):107-79
- Malabarba, L.R. & Goetttems, E.M.P. (1987). Estudos sobre a Ictiofauna das lagoas de estabilização terciárias do Sítel. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1987, São Paulo.
- Malabarba, L.R.; Pereira, E.H.L.; Silva, J.F.P.; Bruschi JR., W. & Flores-Lopes, F. (2004). Avaliação da qualidade da água através da frequência de anomalias morfológicas em peixes: estudo de caso do lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS, Série Zoologia*, 17(2):97-128.
- Malabarba, L.R. & Reis, R.E. (1987). *Manual de técnicas para a preparação de coleções zoológicas: n. 36 - Peixes*. Campinas: Sociedade Brasileira de Zoologia.
- Morandi, I.C. & Bringhenti, M.L. (1997). *Qualidade das águas do rio Gravataí*. Porto Alegre: DMAE.
- Reis, R.E.; Kullander, O. & Ferraris JR, C.J. (2003). *Check list of the freshwater fish of South and Central America*. Porto Alegre: EDIPUCRS.
- Sanders, R.E.; Miltner, R.J.; Yoder, C.O. & Rankin, E.T. (1999). The use of external deformities, erosion, lesions, and tumors (DELT anomalies) in fish assemblages for characterizing aquatic resources: a case study of seven Ohio streams. In: Simon T.P. (Ed.). *Assessing the sustainability and biological integrity of water resources using fish communities*. New York: Boca Raton. p.225-48.
- Sindermann, C.J. (1990). *Principal diseases of marine fish and shellfish*. 2nd ed. London: Academic Press. v.1.
- Schulz, U.U. & Martins-Junior, H. (2001). *Astyanax fasciatus* as bioindicators of water pollution of rio dos Sinos, RS, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 61(4):615-22.
- van Der Oost, R.; Goksoyr, A.; Celander, M.; Heida, H. & Vermeulen, N.P.E. (1996). Biomonitoring of aquatic pollution with feral eel (*Anguilla anguilla*). II. Biomarkers: pollution-induced biochemical responses. *Aquatic Toxicology*, 36(3-4):189-205.

Received: 10/2/2010

Final version resubmitted on: 25/3/2011

Approved: 5/4/2011

ANNEX

A LIST OF THE SPECIES CAPTURED IN THE CATCHMENT AREA OF LAKE GUAÍBA DURING FIELDWORK, ACCORDING TO REIS *et al.* (2003)

Order/Family	Species	n	C%
Clupeiformes			
Clupeidae	<i>Platanichthys platana</i> (Regan, 1917)	57	17.0
Engraulidae	<i>Lycengraulis grossidens</i> (Spix & Agassiz, 1829)	384	24.8
Characiformes			
Curimatidae	<i>Cyphocharax spilotos</i> (Vari, 1987)	487	27.2
	<i>Cyphocharax voga</i> (Hensel, 1870)	950	59.0
Prochilodontidae	<i>Prochilodus lineatus</i> (Valenciennes, 1836)	1	1.1
Anostomidae	<i>Leporinus obtusidens</i> (Valenciennes, 1836)	2	2.2
	<i>Schizodon jacuiensis</i> (Bergman, 1988)	3	2.2
Crenuchidae	<i>Characidium rachovii</i> (Regan, 1913)	1	1.1
	<i>Characidium tenue</i> (Cope, 1894)	346	30.6
	<i>Characidium zebra</i> (Eigenmann, 1909)	40	6.8
Characidae	<i>Aphyocharax anisitsi</i> (Eigenmann & Kennedy, 1903)	54	18.1
	<i>Astyanax eigenmanniorum</i> (Cope, 1894)	37	4.5
	<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier, 1819)	10,955	90.9
	<i>Astyanax jacuhiensis</i> (Cope, 1894)	3,226	85.2
	<i>Astyanax</i> sp. 1	25	2.2
	<i>Astyanax</i> sp. 2	4	1.1
	<i>Bryconamericus iheringii</i> (Boulenger, 1887)	185	23.8
	<i>Charax stenopterus</i> (Cope, 1894)	6	2.2
	<i>Cheirodon ibicuihensis</i> (Eigenmann, 1915)	11,601	39.7
	<i>Cheirodon interruptus</i> (Jenyns, 1842)	25	4.5
	<i>Cyanocharax alburnus</i> (Hensel, 1870)	3,257	95.4
	<i>Diapoma speculiferum</i> (Cope, 1894)	1	1.1
	<i>Hyphessobrycon bifasciatus</i> (Ellis, 1911)	11	5.6
	<i>Hyphessobrycon luetkenii</i> (Boulenger, 1887)	8,297	59.0
	<i>Hyphessobrycon meridionalis</i> (Ringuelet, Miquelarena & Menni, 1978)	1	1.1
	<i>Hyphessobrycon</i> sp.	1	1.1
	<i>Oligosarcus jenynsii</i> (Günther, 1864)	41	12.5
	<i>Oligosarcus robustus</i> (Menezes, 1969)	157	40.9
	<i>Pseudocorynopoma doriae</i> (Perugia, 1891)	654	35.2
	<i>Serrapinnus calliurus</i> (Boulenger, 1900)	926	40.9
Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	43	20.4
Siluriformes			
Aspredinidae	<i>Ancistrus brevipinnis</i> (Regan, 1904)	3	1.1
	<i>Bunocephalus doriae</i> (Boulenger, 1902)	13	1.1
	<i>Bunocephalus iheringii</i> (Boulenger, 1891)	28	15.9
Trichomycteridae	<i>Homodiaetus anisitsi</i> (Eigenmann & Ward, 1907)	28	10.2
Callichthyidae	<i>Corydoras paleatus</i> (Jenyns, 1842)	5,871	50.0
	<i>Corydoras undulates</i> (Regan, 1912)	1	1.1
Loricariidae	<i>Ancistrus brevipinnis</i> (Regan, 1904)	3	1.1
	<i>Hisonotus</i> sp.	88	19.3
	<i>Hypostomus aspilogaster</i> (Cope, 1894)	92	10.2
	<i>Hypostomus commersoni</i> (Valenciennes, 1836)	7	3.4
	<i>Loricariichthys anus</i> (Valenciennes, 1836)	35	17.0

ANNEX

A LIST OF THE SPECIES CAPTURED IN THE CATCHMENT AREA OF LAKE GUAÍBA DURING FIELDWORK, ACCORDING TO REIS *et al.* (2003)

Conclusion

Order/Family	Species	n	C%
	<i>Otocinclus flexilis</i> (Cope, 1894)	848	22.7
	<i>Rineloricaria cadeae</i> (Hensel, 1868)	1,239	62.5
	<i>Rineloricaria</i> sp. 1	1	1.1
	<i>Rineloricaria strigilata</i> (Hensel, 1868)	230	40.9
Pseudopimelodidae	<i>Microglanis cottoides</i> (Boulenger, 1891)	2	1.1
Heptapteridae	<i>Pimelodella australis</i> (Eigenmann, 1917)	527	37.5
	<i>Rhamdia aff. quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	7	3.4
Pimelodidae	<i>Parapimelodus nigribarbis</i> (Boulenger, 1889)	624	10.2
	<i>Pimelodus maculatus</i> (La Cépède, 1803)	15	11.3
Gymnotiformes			
Gymnotidae	<i>Gymnotus carapo</i> (Linnaeus, 1758)	1	1.1
Atheriniformes			
Atherinopsidae	<i>Odontesthes aff. perugiae</i> (Evermann & Kendall, 1906)	35	18.1
Cyprinodontiformes			
Rivulidae	<i>Cynopoecilus nigrovittatus</i> (Costa, 2002)	1	1.1
	<i>Cynopoecilus melanotaenia</i> (Regan, 1912)	1	1.1
Poeciliidae	<i>Phalloceros caudimaculatus</i> (Hensel, 1868)	6	4.5
Anablepidae	<i>Jenynsia multidentata</i> (Jenyns, 1842)	105	18.1
Perciformes			
Sciaenidae	<i>Pachyurus bonariensis</i> (Steindachner, 1879)	162	27.2
Cichlidae	<i>Cichlasoma portalegrense</i> (Hensel, 1870)	4	4.5
	<i>Crenicichla lepidota</i> (Heckel, 1840)	21	13.6
	<i>Crenicichla punctata</i> (Hensel, 1870)	53	22.7
	<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	430	36.3
	<i>Gymnogeophagus gymnogenys</i> (Hensel, 1870)	911	60.2
	<i>Gymnogeophagus labiatus</i> (Hensel, 1870)	124	25
	<i>Gymnogeophagus rhabdotus</i> (Hensel, 1870)	115	11.3
	<i>Tilapia rendalli</i> (Boulenger, 1897)	1	1.1
Total		53,408	

n=number of individuals; C= Constancy index.



ARTIGO | ARTICLE

Probiótico na alimentação da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758), durante a inversão sexual: desempenho zootécnico e recuperação da bactéria probiótica intestinal

Probiotic in the feed of Nile tilapia (Oreochromis niloticus Linnaeus, 1758) during sex reversal: zootechnical performance and the recovery of probiotic bacteria in the intestine

Leonardo Tachibana¹
Danielle Carla Dias²
Carlos Massatoshi Ishikawa¹
Camila Fernandes Corrêa³
Antônio Fernando Gervásio Leonardo³
Maria José Tavares Ranzani-Paiva¹

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho zootécnico de tilápia-do-Nilo, na fase de inversão sexual, com a utilização do probiótico *Bacillus subtilis* na dieta e confirmar a presença deste probiótico no intestino. Foram utilizadas 1 350 pós-larvas estocadas em 18 aquários retangulares, com 15L de água na densidade de 5 peixes.L⁻¹, com peso médio inicial de 16,0, DP=5,2mg e comprimento total de M=9,6, DP=9,1mm. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três tratamentos (controle, 5 e 10g.kg⁻¹ ração) e seis repetições, sendo o período experimental de trinta dias. Seis animais por tratamento foram encaminhados para análise microbiológica, eutanasiados e descontaminados externamente com álcool 70%. Os intestinos foram retirados e

¹ Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Instituto de Pesca. Av. Francisco Matarazzo, 455, 05001-900, São Paulo, SP, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: L. TACHIBANA. E-mail: <leotachibana@apta.sp.gov.br>.

² Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Centro de Aquicultura. Jaboticabal, SP Brasil.

³ Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios. Registro, SP, Brasil.

macerados em tubos de ensaio esterilizados, feitas diluições seriadas até 10^{-2} e, semeadas em placas contendo meio *Tryptic Soy Agar*. Os parâmetros de desempenho zootécnico não foram afetados pela inclusão do probiótico na dieta. Nos peixes do tratamento controle, não se detectou o crescimento de *B. subtilis*, demonstrando que não houve contaminação dos aquários e da ração do tratamento controle. Nos tratamentos com ração contendo 5g e 10g de probiótico.kg⁻¹, foram recuperados $1,15 \times 10^4$ e $4,74 \times 10^5$ Unidades Formadoras de Colônias, respectivamente. As contagens de *B. subtilis* foram crescentes em relação aos níveis de inclusão do probiótico na ração.

Palavras-chave: Microbiologia. *Oreochromis niloticus*. Piscicultura. Probiótico.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the zootechnical performance of Nile tilapia fed with probiotic Bacillus subtilis during the sex reversal phase and confirm the presence of this probiotic in the intestine. A total of 1,350 fish, M=16.0, SD=5.2mg mean weight and M=9.6, SD=9.1mm mean length, were stocked in 18 rectangular aquariums (15L) at a stocking density of 5 fish.L⁻¹. The experimental definition was completely random with three treatments (control, 5g and 10g of probiotic per kg of feed) and six replications, during 30 days of experiments. Six animals per treatment were used for microbiological analysis, euthanized and decontaminated externally with alcohol (70%). The intestines were removed and steeped in sterilized test tubes, serially diluted to 10^{-2} and spread on to plates with "Tryptic Soy Agar". Zootechnical parameters were not affected by the inclusion of probiotic in the diet. Fish treated in the control group did not demonstrate B. subtilis growth on intestine culture plates, indicating no contamination of the aquarium or control group feed. In treatments with 5g and 10g of probiotic per kg, 1.15×10^4 and 4.74×10^5 CFU (Colony Forming Unit) were recovered respectively. The B. subtilis count grew in keeping with the levels of probiotic included in the diet.

Key words: Microbiology. *Oreochromis niloticus*. Fish culture. Probiotic.

INTRODUÇÃO

A aquicultura vem se impondo como atividade pecuária, embora ainda seja considerada por muitos como um apêndice do setor pesqueiro (Scorvo-Filho, 2006).

Nos últimos anos, tem-se intensificado o número de pesquisas voltadas ao desenvolvimento de alimentos funcionais e de substâncias químicas que promovam o aumento da eficiência alimentar e da taxa de crescimento dos peixes (Oliveira et al., 2002), aumento da resistência do animal às doenças infecciosas (Barbosa et al., 2005) e a redução do uso de antibióticos como promotor de crescimento (Kesarcodi-Watson et al., 2008).

Dentre os alimentos funcionais, ou seja, alimentos que fornecem a nutrição básica e a

melhora da saúde de peixes, encontram-se os probióticos, que são suplementos alimentares compostos de micro-organismos vivos que beneficiam a saúde do hospedeiro, pelo equilíbrio da microbiota intestinal (Fuller, 1989). Em sua maioria, são produtos preparados com *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus faecium*, *Bacillus subtilis*, e em alguns casos, leveduras (Verschuere et al., 2000; Wang et al., 2008). A definição de probióticos para organismos aquáticos necessitou da inclusão dos benefícios causados pelos organismos que interagem com o ambiente. Verschuere et al. (2000, p.657) propuseram a definição de que probióticos são: "organismos vivos adjuntos que tem efeito benéfico sobre o hospedeiros, pela modificação do hospedeiro associado ou comunidade microbial do ambiente, assegurando o aumento do uso alimentar ou valor

nutricional, aumentando a resposta do hospedeiro sobre a doença, ou pelo aumento da qualidade do ambiente”, prevendo também a interação do animal com o seu ambiente e ampliando a aplicabilidade do conceito na aquicultura.

O mecanismo de ação dos probióticos pode ocorrer pela exclusão competitiva (Ozawa et al., 1978; Vine et al., 2004), pela competição por locais de adesão no aparelho digestório (Watkins & Miller, 1983; Yan et al., 2002), por estímulo da imunidade (Inooka et al., 1986; Son et al., 2009), por maior produção de ácido láctico (Fuller, 1977), pela diminuição da produção de amins tóxicas, pelo aumento da disponibilidade de aminoácidos nos locais de absorção (Kozasa, 1989), por economia de energia e por aumento da disponibilidade de vitaminas e enzimas (Fuller, 1989). A digestão dos alimentos pode ser afetada devido ao funcionamento ideal das células das vilosidades intestinais, que absorvem os nutrientes com maior eficiência quando bactérias benéficas estão presentes, como demonstrado para frangos de corte (Silva, 2008) e peixes (Hisano et al., 2006). Existe, também, a possibilidade das bactérias aeróbicas associadas ao trato gastro intestinal de peixes produzirem enzimas digestivas que facilitam a digestão do alimento (Bairagi et al., 2002).

O uso convencional de drogas desinfetantes e antimicrobianos tem limitado o sucesso na prevenção e cura de doenças de organismos aquáticos (Subasinghe, 1997). No entanto, os testes com probiótico na aquicultura vêm apresentando resultados promissores na criação de larvas e pós-larvas e formas jovens de peixes, moluscos e crustáceos e rãs (Planas & Cunha; 1999; Verschuere et al., 2000; Dias et al., 2008; Kesarcodi-Watson et al., 2008). Sendo que os gêneros dos probióticos mais utilizados com sucesso na piscicultura em água doce são as bactérias *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Enterococcus* e as leveduras *Saccharomyces* (Verschuere et al., 2000; Lara-Flores et al., 2003; Meurer et al., 2006; Aly et al., 2008; Meurer et al., 2008; Wang et al., 2008).

Em relação aos probióticos testados em tilápia-do-Nilo foram realizados alguns trabalhos. Lara-Flores

et al. (2003) avaliaram o efeito da inclusão de 0,1% da mistura de *Streptococcus faecium* e *Lactobacillus acidophilus* e, outra dieta contendo 0,1% de *Saccharomyces cerevisiae* e observaram que os peixes que receberam a mistura de bactérias obtiveram uma taxa de crescimento específico maior em relação ao grupo controle e, o grupo que recebeu a levedura teve crescimento e sobrevivência superior ao grupo controle, demonstrando que estes probióticos podem ser utilizados como promotores de crescimento na criação de tilápia.

Wang et al. (2008) avaliaram o efeito de *Enterococcus faecium* aplicado na água dos aquários, e observaram maior crescimento em peso e maior atividade imunológica da mieloperoxidase, *burst* respiratório e fagócitos sanguíneos no grupo que recebeu a bactéria.

B. subtilis tem sido testado em peixes como bactéria probiótica e demonstrou capacidade inibitória *in vitro* do crescimento de *Aeromonas hydrophila* e, na alimentação da tilápia-do-Nilo, foi eficaz como promotor de crescimento, além de aumentar a imunidade (Aly et al., 2008).

Ainda utilizando *B. subtilis*, El-Haroun et al. (2006) observaram aumento nos parâmetros de desempenho no ganho em peso, conversão alimentar e crescimento específico das tilápias-do-Nilo alimentadas com o probiótico comercial Biogen® composto por esta bactéria, alicina e enzimas hidrolíticas.

Este trabalho objetivou avaliar o desempenho zootécnico da tilápia-do-Nilo, na fase de inversão sexual, com a utilização do probiótico *Bacillus subtilis*, na forma do produto comercial, incluído na dieta e confirmar a presença desse probiótico no intestino.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) Pólo Regional de Desenvolvimento Sustentável dos Agronegócios do Vale do Ribeira/Setor de Piscicultura, município de Pariqueira-Açu (SP).

Em março de 2008 foi realizada uma coleta de Pós-Larvas (PL) de tilápia-do-Nilo, selecionadas em malha de abertura de 3mm para obtenção de peixes menores que 13mm de comprimento total. As PL foram estocadas em 18 aquários retangulares (27,0 x 35,0 x 27,0cm) de polietileno, com 15L. O sistema de filtragem individual da água foi composto por bomba de água submersa de 250 L.h⁻¹ conectada ao filtro de espuma cilíndrica. As PL foram estocadas nos aquários na densidade de 5 PL.L⁻¹, totalizando 1 350 peixes, com peso médio inicial de 16,0, Desvio-Desvio-Desvio (DP)=5,2mg e comprimento total de Média (M)=9,6, DP=9,1mm. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três tratamentos (níveis de probióticos) e seis repetições, sendo o período experimental de trinta dias.

O probiótico utilizado foi o CALSPORIN® que continha 10⁹ UFC (Unidades Formadoras de Colônias) de *Bacillus subtilis* por grama do produto. Os tratamentos foram compostos por controle (sem adição de probiótico), 5 e 10g do produto comercial por quilograma de ração. A ração utilizada foi a comercial farelada, com 48% de proteína bruta, fornecida cinco vezes ao dia, *ad libitum*, nos horários de 8, 11, 13, 15 e 17 horas. O probiótico foi pesado em balança analítica e misturado (homogeneizado) na ração. A adição do hormônio masculinizante na dieta foi realizada de acordo com Guerrero (1982) utilizando-se 60mg de 17a-metiltestosterona.kg⁻¹ de ração.

As biometrias foram realizadas no início e após trinta dias, medindo-se o comprimento total (paquímetro) de 15 peixes por parcela e peso de todos os peixes (balança analítica com precisão de 0,001g). Foram observadas as taxas de sobrevivência (%) contando-se os peixes de cada aquário.

Posteriormente, seis animais por tratamento foram encaminhados para análise microbiológica. Estes animais foram eutanasiados com benzocaína (10 mg.L⁻¹) e descontaminados externamente com álcool 70%, por imersão em recipiente de vidro durante cinco minutos. Os intestinos foram retirados, pesados e macerados em tubos de ensaio previamente esterilizados, feitas diluições seriadas

até 10⁻² e, semeadas em placas contendo meio *Tryptic Soy Agar* (TSA), em duplicata (Irianto & Austin, 2002). As placas foram incubadas em estufas a 30°C por 48h, para posterior contagem das colônias. As colônias de *B. subtilis* observadas foram expressas em unidades formadoras de colônias (UFC) por grama de intestino.

Para confirmar a eficiência da inversão sexual, trinta peixes de cada tratamento foram mantidos mais trinta dias após o período de inversão sexual, até atingirem 4,0cm de comprimento total, possibilitando as análises das gônadas pelo método Aceto-Carmin Squash (Guerrero & Shelton, 1974).

Os parâmetros avaliados foram: biomassa final, fator de condição de Fulton (Le Cren, 1951), taxa de crescimento específico [(ln peso no tempo 1 - ln peso no tempo 0) tempo], sobrevivência, UFC do trato gastrointestinal e taxa de eficiência de inversão sexual.

Os parâmetros de água avaliados, semanalmente, foram oxigênio dissolvido (oxímetro digital YSI-55 - mg de O₂.L⁻¹), pH (phmetro digital - HANNA), alcalinidade total e dureza (segundo Golterman *et al.*, 1978), amônia total (kit Labcon™ test - mg de NH₃.L⁻¹) e temperatura máxima e mínima diária (termômetro de mercúrio - 1°C).

Os dados foram submetidos à análise de variância de um fator (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os dados em porcentagem de inversão sexual foram analisados pelo teste de Qui-quadrado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros de qualidade de água não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os aquários, permanecendo dentro do ideal segundo Popma & Green (1990). As médias gerais foram: oxigênio dissolvido M=5,34, DP=0,22mg.L⁻¹; pH: M=8,15, DP=0,21; alcalinidade M=111,56, DP=13,58mg CaCO₃.L⁻¹; amônia abaixo de 0,25mg.L⁻¹ e temperatura M=29,28, DP=0,94°C.

As análises estatísticas não demonstraram diferenças ($p > 0,05$) entre os tratamentos nos parâmetros de desempenho avaliados que estão demonstrados na Tabela 1. Assim como Aly et al. (2008) trabalhando com jovens de tilápia-do-Nilo não observaram diferenças no crescimento em peso entre os peixes alimentados com e sem o probiótico *Bacillus pumilus*. No entanto, estes autores detectaram aumento no nível de proteção relativa dos peixes alimentados com o probiótico, medida pela infecção dos peixes com a bactéria patogêna *Aeromonas hydrophyla*, correlacionando a taxa de mortalidade dos peixes alimentados e não alimentados com probiótico. Portanto, alguns probióticos sob determinadas condições não tem efeito sobre o crescimento dos peixes, tanto em peso como comprimento total e necessitam de algum estímulo estressor para demonstrar os efeitos benéficos sobre a capacidade de resposta, principalmente, imunológica.

A sobrevivência não foi afetada pela utilização do probiótico, no entanto, Lara-Flores et al. (2003) observaram que peixes em altas densidades de estocagem (fator estressante), alimentados com probióticos, apresentaram maior sobrevivência em relação ao grupo controle. A melhora nas condições de saúde do peixe alimentado com probióticos se deve principalmente à diminuição de bactérias nocivas por exclusão competitiva e consequentemente, redução da descamação do epitélio da mucosa intestinal (Ozawa et al., 1978) acarretando maior gasto de nutrientes. Além da parede celular das bactérias e leveduras atuarem como imunostimulante (Aly et al., 2008).

A taxa de inversão sexual não foi afetada pela inclusão do probiótico na dieta, assim como Meurer et al. (2006), não observaram alterações na taxa de inversão sexual quando alimentou pós-larvas de tilápia-do-Nilo com *Saccharomyces cerevisiae*, portanto, possivelmente, o probiótico não interfira na fisiologia hormonal dos peixes.

Nos peixes do tratamento controle, não se detectou o crescimento de *Bacillus subtilis* nas placas, demonstrando que não houve contaminação dos aquários e da ração do tratamento controle e, que a bactéria não estava presente no sistema. Nos tratamentos com ração contendo 5g e 10g de probiótico.kg⁻¹, foram recuperados M=1,06x10⁶, DP=5,93x10⁵ e M=3,90x10⁷, DP=1,80x10⁷ UFC.g⁻¹ de intestino.

Estes dados mostram que a ração contendo probiótico foi ingerida pelas tilápias e existe a possibilidade de recuperação destas bactérias no intestino. Os valores de UFC.g⁻¹ observados foi maior nos peixes que receberam 10g do probiótico. Meurer et al. (2006; 2007; 2008) também observaram a colonização da levedura *S. cerevisiae* no intestino, quando se alimentou pós-larvas e formas jovens de tilápia-do-Nilo. A recuperação das bactérias probióticas é importante para certificar-se do consumo destas e se continuam viáveis no intestino dos peixes para agirem como probiótico. Entretanto, a adesão e a colonização do trato gastro-intestinal não pode ser confirmada com esta análise, somente com o auxílio da microscopia eletrônica de varredura (Ringo et al., 2003).

Tabela 1. Médias pós-larvas de tilápia-do-Nilo alimentadas com diferentes níveis de probiótico (CALSPORIN®), durante a fase de inversão sexual. Pariquera-Açu (SP), 2008*.

Trat. (g kg ⁻¹)	PI (mg)	PF (mg)	CTI (cm)	CTF (cm)	Sobrev (%)	TCE (%)	FC	BF (g)	
0	M	16,00	307,75	0,96	2,80	67,33	9,70	1,46	15,31
	DP	5,62	95,44	0,09	0,19	16,14	0,92	0,66	5,76
	M	16,00	327,03	0,96	2,98	60,00	9,92	1,38	13,62
5	DP	5,63	100,68	0,10	0,23	16,87	0,92	0,90	0,89
	M	16,00	278,56	0,96	2,79	67,77	9,46	1,29	13,70
10	DP	5,64	50,08	0,11	0,12	12,54	0,64	0,30	0,79

* Não foram observadas diferenças estatísticas ($p > 0,05$) dos dados pela análise de variância.

PI: peso inicial; PF: peso final; CTI: comprimento total inicial; CTF: comprimento total final; Sobrev: sobrevivência; TCE: taxa de crescimento específico; FC: fator de condição; BF: biomassa final; DP: desvio-padrão; M: média.

CONCLUSÃO

O probiótico contendo o *Bacillus subtilis*, incluído na alimentação não provocou diferenças no desempenho zootécnico das pós-larvas de tilápia-do-Nilo.

É possível a detecção de *Bacillus subtilis* viáveis em intestinos da tilápia-do-Nilo alimentadas com dietas contendo estas bactérias como produto probiótico.

As contagens de *Bacillus subtilis* no intestino foram crescentes em relação aos níveis de inclusão de probiótico na ração.

REFERÊNCIAS

- Aly, S.M.; Ahmed Y.A.G.; Ghareeb, A.A.A. & Mohamed, M.M. (2008). Studies on *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus acidophilus*, as potencial probiotics, on the immune response and resistance of *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*) to challenge infections. *Fish and Shellfish Immunology*, 25(1-2):128-36.
- Bairagi, A.; Ghosh, K.S.; Sem, S.K. & Ray, A.K. (2002). Enzyme producing bacterial flora isolated from fish digestive tracts. *Aquaculture International*, 10(2):109-21.
- Barbosa, T.M.; Serra, C.R.; Ragione, R.M.; Woodward, M.J. & Henriques, A.O. (2005). Screening for *Bacillus* isolates in the broiler gastrointestinal tract. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(2):968-78.
- Dias, D.C.; Stéfani, M.V.; Ferreira, C.M. & França, F.M. (2008). Uso de probióticos em ração de rã-touro (*Rana catesbeiana*): desempenho produtivo. *Archivos de Zootecnia*, 57(220):449-55.
- El-Haroun, E.R.; Goda, A.M.A-S. & Chowdhury, A.K. (2006). Effect of dietary probiotic Biogen® supplementation as a growth promoter on growth performance and feces utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture Research*, 37(14):1473-80.
- Fuller, R. (1977). The importance of lactobacilli in maintaining normal microbial balance in the crop. *Brazilian Poultry Science*, 18(1):85-94.
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals: a review. *Journal of Applied Bacteriology*, 66:365-78.
- Goltzman, H.L.; Clymo, R.S. & Ohnstad, M.A.M. (1978). *Methods for physical and chemical analysis of freshwater*. London: Blackwell Science Publication.
- Guerrero, R.D. & Shelton, W.L. (1974). An aceto-carmin squash method for sexing juvenile fishes. *The Progressive Fish-Culturist*, 36(1):56.
- Guerrero, R.D. (1982). Control of tilapia reproduction. In: Pullin, R.S.V. & McConnell, R.H. (Ed). *The biology and culture of tilapias*. Manila: ICLAM Conference Proceeding.
- Hisano, H.; Silva, M.D.P.; Barros, M.M. & Pezzato, L.E. (2006). Levedura íntegra e derivados de seu processo em rações para tilápia do Nilo: aspectos hematológicos e histológicos. *Acta Scientiarum Biology Science*, 28(4):311-8.
- Inooka, S.; Uehara, S. & Kimura, M. (1986). The effect of *Bacillus natto* on the T and B lymphocytes from spleens of feeding chickens. *Poultry Science*, 65(6):1217-19.
- Irianto, A. & Austin, B. (2002). Use of probiotics to control furunculosis in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Diseases*, 25(6):333-42.
- Kesarcodi-Watson, A.; Kaspar, H.; Lategan, M.J. & Gibson, L. (2008). Probiotics in aquaculture: the need, principles and mechanisms of action and screening processes. *Aquaculture*, 274(1):1-14.
- Kozasa, M. (1989). Probiotics for animal use in Japan. *Technique de La Office Internacional des Epizooties*, 8(2):517-31.
- Lara-Flores, M.; Olevera-Novoa, M.A.; Guzmán-Méndez, B.E. & López-Madrid, W. (2003). Use of the bacteria *Streptococcus faecium* and *Lactobacillus acidophilus*, and the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as growth promoters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 216(1-4):193-201.
- Le Cren, E.D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20:201-19.
- Meurer, F.; Hayashi, C.; Costa, M.M.; Mauerwerk, V.L. & Freccia, A. (2006). Utilização de *Saccharomyces cerevisiae* como probiótico para tilápias-do-Nilo durante o período de reversão sexual submetidas a um desafio sanitário. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(5):1881-6.
- Meurer, F.; Hayashi, C.; Costa, M.M.; Mauerwerk, V.L. & Freccia, A. (2007). *Saccharomyces cerevisiae* como probiótico para alevinos de tilápia-do-Nilo submetidos a desafio sanitário. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(5):1219-24.
- Meurer, F.; Hayashi, C.; Costa, M.M.; Mauerwerk, V.L.; Mascioli, A.S.; Colpini, L.M.S., et al. (2008). Levedura como probiótico na reversão sexual da tilápia-do-Nilo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 9(4):804-12.
- Oliveira, M.N.; Sivieri, K.; Alegro J.H.A. & Saad, S.M.I. (2002). Aspectos tecnológicos de alimentos funcionais contendo probióticos. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 38(1):1-21.
- Ozawa, K.; Yabu-Uchi, K. & Yamanak, K. (1978). Antagonistic effects of *Bacillus natto* and *Streptococcus faecalis* on growth of *Candida albicans*. *Microbiology Immunology*, 23(12):1147-56.

- Planas, M. & Cunha, I. (1999). Larviculture of marine fish: problems and perspectives. *Aquaculture*, 177(1):171-90.
- Popma, T.J. & Green, B.W. (1990). *Sex reversal of tilapia in earthen ponds: aquaculture production manual*. Alabama: Auburn University. (Alabama Research and Development, Series 35).
- Ringo, E.; Olsen, R.E.; Mayhewc, T.M. & Myklebustd, R. (2003). Electron microscopy of the intestinal microflora of fish. *Aquaculture*, 227(1-4):1-4.
- Scorvo Filho, J.D. (2006). Panorama da aquicultura nacional. Disponível em: <http://www.pesca.sp.gov.br/arquivos/Panorama_aquicultura.doc>. (acesso: 15 maio 2006).
- Silva, C.R. (2008). *Uso de probióticos em rações para frangos de corte: desempenho, digestibilidade e energia metabolizável*. Dissertação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa.
- Son, V.M.; Chang, C.C.; Wu, M.C.; Guu, Y.K.; Chiu, C.H. & Cheng, W. (2009). Dietary administration of probiotic, *Lactobacillus plantarum*, enhanced the growth, innate immune responses, and disease resistance of the grouper *Epinephelus coioides*. *Fish & Shellfish Immunology*, 26(5):691-8.
- Subasinghe, R. (1997). Fish health and quarantine. In: Review of the state of the world aquaculture. Rome: FAO. p.45-9. (FAO Fishries circular, n. 886).
- Verschuere, L.; Rombaut, G.; Sorgeloos, P. & Verstraete, W. (2000). Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 64(4):655-71.
- Vine, N.G.; Leukes, W.D.; Kaiser, H.; Daya, S.; Baxter, J. & Hecht, T. (2004). Competition for attachment of aquaculture candidate probiotic and pathogenic bacteria on fish intestinal mucus. *Journal of Fish Diseases*, 27:319-26.
- Wang, Y.B.; Tian, Z.Q.; Yao, J.T. & Li, W.F. (2008). Effect of probiotics, *Enterococcus faecium*, on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and immune response. *Aquaculture*, 277(3-4):203-7.
- Watkins, B.A. & Miller, B.F. (1983). Competitive gut exclusion of avian pathogens by *Lactobacillus acidophilus* in gnotobiotic chicks. *Poultry Science*, 61(9):1772-9.
- Yan, L.; Boyd, K.G. & Burgess, J.G. (2002). Surface attachment induced production of antimicrobial compounds by marine epiphytic bacteria using modified roller bottle cultivation. *Marine Biotechnology*, 4(4):356-66.

Recebido em: 1/6/2009

Versão final reapresentada em: 28/4/2010

Aprovado em: 7/6/2010



ARTIGO | ARTICLE

Criação do vermelho-cioba (*Lutjanus analis*) submetido a diferentes dietas

*Rearing of mutton snapper *Lutjanus analis* subjected to different diets*

Eduardo Gomes Sanches¹

RESUMO

Diversos trabalhos apontam os lutjanídeos como uma das principais famílias de peixes marinhos exploradas comercialmente, entretanto, poucos estudos foram realizados no Brasil sobre o cultivo dessas espécies. O objetivo do presente artigo foi avaliar o desempenho do vermelho-cioba (*Lutjanus analis*) alimentado com rejeito de pesca e ração em tanques-rede. Os peixes foram divididos em três tratamentos (T1, T2 e T3) e alimentados uma vez ao dia. O T1 foi alimentado com ração comercial com 45% de proteína bruta e 8% de gordura, o T2 foi alimentado com rejeito de pesca e o T3 alimentado com rejeito de pesca acrescido em 10% com camarão. O período experimental foi de noventa dias. As variáveis ambientais (temperatura da água, teor de oxigênio, salinidade e transparência) mantiveram-se dentro dos parâmetros considerados ideais para a espécie. Os resultados de sobrevivência, ganho de peso e taxa de crescimento específica demonstraram que T2 e T3 não diferiram entre si, porém, foram significativamente superiores ($p < 0,05$) ao T1. Esse experimento demonstrou que o rejeito de pesca pode ser utilizado na engorda do vermelho-cioba (*L. analis*) com bons resultados de ganho de peso e crescimento.

Palavras-chave: Lutjanídeos. Maricultura. Tanques-rede.

ABSTRACT

A number of studies have noted the lutjanidae as one of the main families of marine fish to be exploited commercially. This study aims to evaluate the breeding

¹ Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Instituto de Pesca, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Litoral Norte. R. Joaquim Lauro Monte Claro Neto, 2275, Itaguá, 11680-000, Ubatuba, SP, Brasil. E-mail: <esanches@pesca.sp.gov.br>.

of mutton snapper (*Lutjanus analis*) fed on by-catch and commercial feed. The fish were divided into three treatments (T1, T2 and T3) and were fed once a day. T1 was fed with commercial feed with 45% crude protein and 8% fat, T2 was fed with by-catch and T3 with by-catch with 10% shrimp added in. The experimental period lasted 90 days. The environmental variables (water temperature, oxygen level, salinity and transparency) were in accordance with the parameters considered to be ideal for the species. The results for survival, weight gain and specific growth rate demonstrated that there was no difference between T2 and T3, however, they were significantly higher ($p < 0.05$) than T1. This experiment showed that by-catch could be used in the breeding of mutton snapper (*L. analis*), with good weight gain and growth results.

Key words: *Lutjanidea*. Mariculture. Net cages.

INTRODUÇÃO

A família Lutjanidae é formada por 17 gêneros e aproximadamente cem espécies, sendo o gênero *Lutjanus* composto por 64 espécies, representados por peixes que vivem em fundos rochosos e coralíneos (Figueiredo & Menezes, 2000). São conhecidos, popularmente como vermelhos, ciobas ou caranhas, e na região Nordeste do Brasil são denominados por pargos. Segundo Magalhães *et al.* (2003) as espécies *Lutjanus analis*, *L. jocu*, *L. vivanus* e *L. synagris* revelaram-se recursos pesqueiros importantes em desembarques na região Nordeste do Brasil. De acordo com estes autores, os peixes da família Lutjanidae são caracterizados por apresentarem crescimento lento ($K < 1,5$) e longevidade média a alta (vinte a trinta anos) o que torna estas espécies altamente vulneráveis à sobrepesca.

Estudo realizado por Watanabe (2001), entretanto, apontou que os peixes do gênero *Lutjanus*, ao contrário do que acontece na natureza, em condições de cultivo, apresentam um rápido crescimento e podem ser considerados como potenciais espécies para aquicultura, em função de seu desempenho produtivo, elevada demanda e o alto preço alcançado no mercado. Riley *et al.* (2004) também destacaram o potencial de cultivo das espécies do gênero *Lutjanus* sendo que, segundo Sanches (2007), o desenvolvimento do cultivo de lutjanídeos e a consequente diminuição da pressão de pesca sobre os estoques naturais, em função da oferta de peixes de cativeiro, poderá constituir um instrumento de preservação desse importante grupo de peixes recifais.

O aproveitamento dos recursos pesqueiros marinhos, através da piscicultura, vem sendo tratado como alternativa para fomentar oportunidades de agronegócios, beneficiando a expansão da produção e a geração de emprego e de renda para comunidades litorâneas (Sanches *et al.*, 2006). Demonstrando esta possibilidade Vuthiphandchai *et al.* (2009) afirmaram que algumas espécies de lutjanídeos (*Lutjanus argentimaculatus*, *L. russelli* e *L. johni*) já são cultivadas no Sudeste Asiático (Singapura, Taiwan, Filipinas, China e Malásia) com expressivos resultados econômicos. Segundo Garcia-Ortega (2009), outro integrante da família Lutjanidae que teve suas técnicas de cultivo recentemente dominadas foi *L. guttatus*.

O vermelho-cioba (*L. analis*) apresenta ocorrência ao longo de toda a costa brasileira, com grande importância comercial pela qualidade da carne e valor de mercado. No litoral do Estado de São Paulo, que abrange a área deste estudo, *L. analis* é uma das principais fontes de renda dos pescadores artesanais, além de ser muito apreciada na pesca esportiva. Cultivos experimentais no Caribe e na Colômbia vêm demonstrando o potencial desta espécie para a piscicultura marinha (Benetti *et al.*, 2002; Botero & Ospina, 2003), entretanto, poucos estudos existem no Brasil sobre o cultivo desta espécie e sobre resultados da utilização do rejeito de pesca na engorda de peixes marinhos.

Uma das vantagens em utilizar o rejeito de pesca consiste em seu baixo custo e elevada disponibilidade (Sim *et al.*, 2005). Em regiões onde ocorrem desembarques da pesca artesanal a

obtenção do rejeito de pesca é muito facilitada (Sanches *et al.*, 2006). Musa & Nurundin (2005) afirmaram que os maricultores do Sudeste Asiático acreditam que o rejeito de pesca é o melhor alimento para a engorda de peixes marinhos baseados em suas observações de comportamento alimentar e crescimento dos peixes. Entretanto, Emata & Borlongan (2003) apontaram que a utilização de ração balanceada apresenta vantagens em relação ao rejeito de pesca, tais como a não-alteração da composição nutricional ao longo do ano e um menor risco de disseminação de doenças.

O objetivo deste artigo é o de contribuir e ampliar o conhecimento sobre o crescimento do vermelho-cioba (*L. analis*) criado em tanques-rede. Especificamente, pretende-se testar o crescimento desta espécie submetida a diferentes tipos de dietas, comparando uma ração comercial e dietas que incluam o rejeito de pesca.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na enseada de Ubatuba/SP (23° 27' 04" S e 45° 02' 48" W) com juvenis de vermelho-cioba (*L. analis*) pesando em Média (M)=98,2, Desvio-Padrão (DP)=39,5g, coletados em áreas costeiras através de covos (armadilhas). Os peixes foram distribuídos na densidade de estocagem de 5 peixes/m³, em nove tanques-rede de 1,0m³ cada, confeccionados em panagem de *nylon* multifilamento, com abertura de malha de 13mm. A biomassa inicial média foi de 491,0g/m³. Os tanques-rede foram fixados a um sistema de *long line* montado a vinte metros, paralelamente à linha de costa, a uma profundidade de quatro metros. O posicionamento dos tanques no *long line* foi realizado por sorteio.

Em função de diferentes atividades antrópicas na área de estudo (proximidade de rotas de navegação, área de abrigo para barcos) e do consequente risco de interferências, diariamente foram registrados os dados de temperatura da água (termômetro de mercúrio), oxigênio dissolvido (oxímetro YSI 58B),

salinidade (salinômetro óptico) e transparência da água (disco de Secchi graduado em centímetros). A limpeza dos tanques-rede foi realizada a cada trinta dias, pela substituição e troca das panagens seguidas pela lavagem das mesmas, visando à eliminação das incrustações biológicas, conforme recomendação de Sanches *et al.* (2007) para manutenção de tanques-rede marinhos.

Tal metodologia foi baseada nas experiências positivas obtidas em ensaios anteriores de manutenção de exemplares desta espécie nesta unidade de pesquisa.

Os peixes foram divididos aleatoriamente em três tratamentos, com três repetições: T1 = alimentação com uma ração comercial destinada a peixes carnívoros (45% de proteína bruta e 8% de gordura) e diâmetro de grão entre 4 a 6mm; T2 = alimentação com rejeito de pesca, composto por pequenos peixes provenientes da pesca de arrasto de camarão e obtidos junto a pescadores artesanais; T3 = alimentação com rejeito de pesca acrescido com 10% de camarão (a espécie de camarão utilizada foi o sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri*). A opção por uma ração comercial com a composição descrita foi baseada em estudos de necessidades nutricionais de *L. analis* realizados por Watanabe *et al.* (2001). A inclusão de camarões no rejeito de pesca foi baseada no hábito alimentar dos lutjanídeos (Franks & Vanderkooy, 2000; Rojas *et al.*, 2004) e pela facilidade de obtenção do produto na região do estudo. Tanto a ração comercial como o rejeito de pesca foram mantidos congelados em freezer. Por ocasião dos tratos diários de alimentação, eram descongelados e o rejeito de pesca era picado manualmente em pedaços de tamanho que os peixes pudessem ingerir com facilidade. A alimentação era fornecida diariamente até a saciação dos peixes, em um único trato. O período experimental foi de noventa dias. Na Tabela 1 pode ser observada a composição de cada dieta utilizada neste experimento.

No início e a cada trinta dias durante o período experimental, a totalidade dos peixes de todos os tratamentos foi anestesiada com benzocaina (1g/20L

de água) e, em seguida, medida (cm) em ictiômetro e pesada (g) individualmente, em balança eletrônica digital (precisão de 0,01g). A mortalidade foi registrada pela contagem dos animais mortos e o consumo de alimento através da pesagem diária do alimento fornecido. A partir dos valores de comprimento total (cm), peso (g), ingestão (g/dia) e do registro de ocorrência de mortalidade, foram calculados os seguintes parâmetros de desempenho:

- Taxa de Crescimento Específico: TCE (%PV/dia) = $100 \times (\ln pxf - \ln pxi)/t$

- Ganho de Peso Diário: GPD (g/dia) = $(pxf - pxi)/t$

PV = peso vivo; pxf = peso médio final; pxi = peso médio inicial; t = nº de dias do período experimental.

- Conversão Alimentar Aparente: CAap = C/GP

C = quantidade total de alimento consumida no período; GP = ganho de peso no período experimental.

- Taxa de Sobrevivência (S, %) = $100 \times (pxf / pxi)$

pf = nº de peixes no final do período experimental; pi = nº de peixes no início do período experimental.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e três repetições. A análise de variância foi efetuada pelo procedimento ANOVA. Este procedimento

realiza teste de igualdade entre três ou mais médias, permitindo verificar se a variabilidade dentro dos grupos é maior que a existente entre os grupos. A técnica supõe independência e normalidade das observações e igualdade entre as variâncias dos grupos (Zar, 1999). A significância das diferenças obtidas entre os tratamentos foram submetidas à análise de variância (ANOVA), usando procedimentos paramétricos, com base no teste de variação múltipla de Tukey (Zar, 1999).

Os valores de $p < 0,05$ foram considerados significantes. Para os valores de porcentagem (sobrevivência) foi aplicado o teste de normalidade, que certifica que os valores não ultrapassem o limite inferior (zero) e/ou superior (100%) da variável, em porcentagem, garantindo uma distribuição normal (simétrica) de valores no intervalo permitido de 0 a 100%. No caso da variável analisada ultrapassar os limites permitidos, foi realizada a transformação angular dos dados através da fórmula:

$$\text{variável transformada} = \arcsen\sqrt{x}$$

em que: x precisa ser expresso em percentual/100, ou seja, x 1

Para as variáveis que não apresentavam normalidade, o procedimento ANOVA foi realizado com a variável transformada pela fórmula descrita acima (Zar, 1999). No entanto, os valores apresentados nas diferentes tabelas e gráficos para as variáveis transformadas, estão na escala original, ou seja, sem transformação.

RESULTADOS

Os resultados de desempenho dos três tratamentos estão caracterizados na Tabela 2. Foram considerados os principais índices zootécnicos indicativos de desempenho animal em aquicultura. Foi obtida uma expressiva sobrevivência em todos os tratamentos indicando que a metodologia proposta, empregada neste estudo, foi adequada para a espécie.

Os dados de sobrevivência, peso final e ganho de peso diário foram submetidos à ANOVA e ao teste

Tabela 1. Composição centesimal (matéria seca) das dietas utilizadas no período experimental com o vermelho-cioba *Lutjanus analis*.

Composição (%)	Dieta 1*	Dieta 2**	Dieta 3***
Proteína bruta	45,0	50,0	51,0
Extrato etéreo	8,0	13,0	15,0
Fibra bruta	6,0	1,2	1,1
Cinzãs	11,6	12,4	12,1

* Dieta 1 (ração comercial para peixes carnívoros), ** Dieta 2 (rejeito de pesca), *** Dieta 3 (rejeito de pesca acrescido de 10% de camarão).

de Tukey. Na Tabela 3 pode ser observado que T-2 (alimentação com rejeito de pesca) e T-3 (alimentação com rejeito de pesca acrescido com 10% de camarão) não diferiram entre si, porém, foram significativamente superiores ($p < 0,05$) ao T-1 (alimentação com ração comercial destinada a peixes carnívoros). Estes resultados não indicaram vantagem na inclusão do camarão no rejeito de pesca.

Na Tabela 4 são apresentados os valores das variáveis ambientais na área aquícola, onde os tanques-rede estiveram instalados com os lotes experimentais de *L. analis*. Esta avaliação torna-se necessária pela necessidade de monitoramento das variáveis oceanográficas de forma a que eventuais mortalidades pudessem ser discutidas em relação a problemas de qualidade de água.

Tabela 2. Médias e desvio-padrão do desempenho produtivo de três lotes de vermelho-cioba (*Lutjanus analis*) submetidos a diferentes tratamentos durante o período experimental de noventa dias.

Variáveis	T-1		T-2		T-3	
	M	DP	M	DP	M	DP
Comprimento inicial (cm)	18,9	3,5	18,6	2,8	19,4	2,9
Peso inicial (g)	96,7	41,1	97,1	40,8	100,8	39,2
Biomassa inicial (g)	483,4	23,5	485,5	13,6	504,1	34,1
Sobrevivência (%)	93,3	1,4	100,0		100,0	
Comprimento final (cm)	31,1	1,9	30,4	2,5	31,4	1,7
Peso final (g)	385,6	70,2	401,4	73,9	409,8	74,2
Biomassa final (g)	1 927,8	215,4	2 007,1	251,3	2 048,9	316,9
GPD (g/dia)	3,2	0,2	3,4	0,4	3,4	0,4
TCE peso (%PV/dia)	1,5	0,3	1,6	0,2	1,6	0,2
CAap	2,8	0,5	5,2	1,2	4,8	1,3

GPD: ganho de peso diário; TCE: taxa de crescimento específico; CAap: conversão alimentar aparente; M: média; DP: desvio-padrão

Tabela 3. Médias e desvios-padrão de sobrevivência, peso final e ganho de peso diário de vermelho-cioba (*Lutjanus analis*) submetidos a diferentes tratamentos durante o período experimental de noventa dias

Variáveis	T-1		T-2		T-3	
	M	DP	M	DP	M	DP
Sobrevivência (%)	93,3 ^b		100,0 ^a		100,0 ^a	
Peso final (g)	385,6	70,2 ^b	401,4	73,9 ^a	409,8	74,2 ^a
GPD (g/dia)	3,2	0,2 ^b	3,4	0,4 ^a	3,4	0,4 ^a

^{a,b} Médias (M) e Desvios-Padrão (DP) com diferentes sobrescritos apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$); GPD: ganho de peso diário.

Tabela 4. Condições hidrográficas registradas durante o período experimental.

Variável	Média	Amplitude	C.V. ¹ (%)
Temperatura máxima (°C)	26,3	23,0 - 30,0	7,6
Temperatura mínima (°C)	24,3	22,0 - 28,0	6,8
Oxigênio (mg/L)	4,8	3,9 - 6,1	5,2
Salinidade (‰)	34,0	21,0 - 36,0	6,7
Transparência (m)	2,2	0,5 - 4,0	40,6

¹ C.V.: coeficiente de variação.

DISCUSSÃO

A utilização de tanques-rede de pequeno volume neste estudo (1m³) foi baseada em Beveridge (1996), que afirmou que com o aumento do volume dos tanques-rede, aumentam as dificuldades de manejo e pioram as condições de circulação de água no interior dos mesmos, diminuindo a produtividade do sistema. Em ensaios anteriores, estes pequenos tanques-rede já haviam demonstrado bons resultados na manutenção de lutjanídeos. Os resultados obtidos neste experimento demonstraram a viabilidade do emprego de tanques-rede de pequeno volume no cultivo desta espécie de lutjanídeo em áreas costeiras abrigadas.

As variáveis ambientais, monitoradas ao longo do período experimental, não interferiram nos resultados do experimento, permanecendo dentro dos parâmetros considerados ideais para a espécie, descritos por Benetti *et al.* (2002). Paralelamente é interessante acrescentar que Botero & Ospina (2003), avaliando um cultivo de *L. analis*, destacaram a grande resistência a alterações nos parâmetros de qualidade da água, uma característica importante para espécies destinadas a cultivos intensivos. Desta forma, a elevada sobrevivência obtida no estudo que precedeu este artigo corrobora com os resultados obtidos por diversos autores para essa espécie (Rios Filho, 2001; Botero & Ospina, 2003), demonstrando a rusticidade e a capacidade de adaptação da espécie a este sistema de cultivo.

O rejeito de pesca apresentou bons resultados na engorda do vermelho-cioba. A opção em se agregar camarões ao rejeito, neste estudo, baseou-se no hábito alimentar dos lutjanídeos (Franks & Vanderkooy, 2000; Rojas *et al.*, 2004), embora tal opção não tenha acrescido diferença significativa ($p > 0,05$) no desempenho dos peixes, refletindo apenas um aumento no custo da alimentação do tratamento. A viabilidade da utilização de rejeito de pesca na engorda de peixes marinhos no Brasil já havia sido demonstrada por Sanches *et al.* (2007), com a garoupa-verdadeira (*Epinephelus marginatus*), que destacaram o baixo custo da dieta em relação às rações comerciais.

A determinação das exigências nutricionais de uma espécie é premissa básica para a formulação de rações comerciais. Watanabe *et al.* (2001), estudando as necessidades nutricionais de *L. analis*, concluíram que altos níveis de proteína bruta (>45%) são necessários para o adequado desenvolvimento da espécie em condições de cultivo. Catacutan *et al.* (2001), avaliando as necessidades proteicas de *L. argentimaculatus*, reportaram que 44% de Proteína Bruta (PB) seria o melhor nível protéico em dietas para este lutjanídeo. Baseado nestes estudos para este experimento foi selecionada uma ração com 45% PB e 8% Extrato Etéreo (EE) formulada para peixes carnívoros de água doce e disponível comercialmente.

Os resultados de peso final, ganho de peso diário e sobrevivência de *L. analis* para todos os tratamentos foram superiores aos obtidos para a mesma espécie por Watanabe (2001) e por Benetti *et al.* (2002). Watanabe (2001) obteve peixes de 140,8g em 168 dias, apresentando ganho de peso de 0,78g/dia, sobrevivência de 97,8%, sendo alimentados com uma ração com 50,0% PB. O baixo ganho de peso foi justificado pelo autor como resultado das baixas temperaturas registradas (entre 18 a 25°C). Benetti *et al.* (2002), estudando o desempenho de *L. analis* em tanques-rede, conseguiram que peixes de 16,5g atingissem 330,7g em 246 dias empregando uma ração comercial com 50-53,0% PB e 13-14,0% EE. O ganho de peso diário foi de 1,28g/dia, com uma sobrevivência de 70,0%. Os resultados aqui apresentados são similares, entretanto, aos reportados por Botero & Ospina (2003) que avaliando um cultivo de *L. analis* alimentados com uma ração com 45,0% PB, obtiveram um ganho de peso de 372,9g em 118 dias (ganho de peso diário de 3,16g) com uma sobrevivência de 97,6%.

Considerando os valores de crescimento de outras espécies de lutjanídeos alimentados com diferentes fontes alimentares, o desempenho produtivo de *L. analis* apresentou resultados superiores, demonstrando sua aptidão para cultivo intensivo. Cabrera *et al.* (1997), empregando rejeito de pesca como fonte alimentar para *L. griseus*,

conseguiram um ganho de peso diário de 1,63 gramas, com os exemplares atingindo 425,0g em oito meses, com uma sobrevivência de 88%. Em outro estudo, Castillo-Vargasmachuca *et al.* (2007), analisando o desempenho, sob condições de cultivo em tanques-rede, de *L. guttatus* alimentados com ração com 35,0% PB e 7,0% EE, obtiveram peixes de 110,2g atingindo 366,1g em 153 dias, com um ganho de peso de 1,82g/dia e sobrevivência de 71,5%.

Neste estudo a taxa de crescimento específica de *L. analis*, foi de 1,53 (lote alimentado com ração) e 1,56 a 1,58 (lotes alimentados com rejeito de pesca), resultados muito similares aos obtidos por Watanabe (2001) de 1,55, porém superiores aos obtidos por Benetti *et al.* (2002), que relataram uma taxa de 1,00 e por Botero & Ospina (2003), que obtiveram uma taxa de 1,05.

Os resultados da conversão alimentar no lote tratado com a ração comercial (2,8) foram melhores que os de Rios Filho (2001) em um cultivo de *L. analis* utilizando diferentes tipos de alimento ao obter valores para a conversão alimentar de 5,09 a 26,9. Resultados mais eficientes foram obtidos por Watanabe (2001) com a mesma espécie, utilizando-se uma ração com 45% PB e 9% EE (conversão alimentar de 2,6) e uma ração com 55% PB e 10% EE (conversão alimentar de 1,2). Os resultados demonstram que uma dieta adequadamente balanceada para esta espécie pode propiciar um expressivo desempenho ponderal com ótimos valores de conversão alimentar e eficiência na utilização da dieta.

Nos tratamentos com rejeito de pesca, os resultados da conversão alimentar obtidos neste trabalho (5,2 e 4,8) foram similares aos obtidos por Sanches *et al.* (2007) que afirmaram que utilizando-se rejeito de pesca em criações de peixes marinhos pode-se esperar valores entre 4 a 5:1. A diferença encontrada para os valores da conversão alimentar entre os tratamentos com ração comercial e os tratamentos com rejeito de pesca deve-se à diferença do teor de umidade entre os diferentes alimentos (a ração apresentava 10% de umidade e o rejeito de

pesca apresentava 80%). Cabe ressaltar que em função de a piscicultura marinha no Brasil ainda não estar desenvolvida, no mercado, nesta faixa de concentração protéica, somente se encontram rações com composição nutricional destinada a peixes carnívoros de água doce, portanto, a diferença de desempenho pode estar relacionada ao fato de a formulação utilizada não ter atendido às necessidades nutricionais da espécie, ou a baixa atratividade do alimento não ter propiciado o consumo em quantidades adequadas. Estas observações reforçam o exposto por Botero & Ospina (2003), que atribuíram os baixos desempenhos produtivos das espécies marinhas como sendo decorrentes do escasso conhecimento sobre as necessidades nutricionais das espécies.

Os resultados obtidos no estudo que originou este artigo demonstraram a viabilidade da utilização de rejeito de pesca no cultivo do vermelho-cioba, destacando o expressivo ganho de peso da espécie. Paralelamente, o desenvolvimento de cultivos de peixes marinhos com rejeito de pesca, considerando a facilidade na obtenção do rejeito e a grande disponibilidade em municípios do litoral paulista, pode ser um interessante indutor do desenvolvimento desta atividade produtiva. Mais estudos devem ser realizados para buscar alternativas à questão da necessidade de infraestrutura para estocagem do rejeito de pesca, sendo que a transformação do rejeito em silagem de peixe pode vir a ser uma importante alternativa.

O rejeito de pesca como dieta exclusiva proporcionou um adequado desempenho produtivo no cultivo do vermelho-cioba *L. analis* em tanques-rede, com bons resultados de ganho de peso e crescimento.

REFERÊNCIAS

- Benetti, D.D.; Matera, J.A.; Stevens, O.M.; Alarcón, J.F.; Feeley, M.W.; Rotman, F.J., *et al.* (2002). Growth, survival and feed conversion rates of hatchery-reared mutton snapper *Lutjanus analis* cultured in floating net cages. *Journal of World Aquaculture Society*, 33(3):349-57.

- Beveridge, M.C.M. (1996). *Cage aquaculture*. Oxford: Fishing News Books.
- Botero, J.A. & Ospina, F.J. (2003). Crecimiento de juveniles de pargo palmero *Lutjanus analis* (Cuvier) en jaulas flotantes en Islas del Rosario, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 31(1):205-17.
- Cabrera, B.T.; Rosas, C.J. & Millán, Q.J. (1997). Reproducción y desarrollo larvário del pargo dientón (*Lutjanus griseus* L. 1758) (Pisces:Lutjanidae) cultivado em cautiverio. *Caribbean Journal of Science*, 33(3):239-45.
- Castillo-Vargasmachuca, S.; Ponce-Palafox, J.T.; Ortiz, E.C. & Arredondo-Figueroa, J.L. (2007). Effect of the initial stocking body weight on growth of spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) in marine floating cages. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 42(3):261-7.
- Catacutan, M.R.; Pagador, G.E. & Teshima, S. (2001). Effect of dietary protein and lipid levels and protein to energy rations on growth, survival and body composition of the mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus* (Forsskal 1775). *Aquaculture Research*, 32(10):811-8.
- Emata, A.C. & Borlongan, I.G. (2003). A practical broodstock diet for the mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*. *Aquaculture*, 225(1):83-8.
- Figueiredo, J.L. & Menezes, N.A. (2000). *Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil*. São Paulo: Museu de Zoologia da USP.
- Franks, J.S. & Vanderkooy, K.E. (2000). Feeding habitats of juvenile lane snapper *Lutjanus synagris* from Mississippi coastal waters, with comments on the diet of gray snapper *Lutjanus griseus*. *Gulf and Caribbean Research*, 12(1):11-7.
- García-Ortega, A. (2009). Nutrition and feeding research in the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* and bullseye puffer *Sphoeroides annulatus*, new species for marine aquaculture. *Fish Physiology Biochemistry*, 35(1):69-80.
- Magalhães, S.R.; Ferreira, B.P. & Fredou, T. (2003). A pesca de lutjanídeos no Nordeste do Brasil: histórico das pescarias, características das espécies e relevância para o manejo. *Boletim Técnico Científico do CEPENE*, 11(1):35-44.
- Musa, C.U.C. & Nurundin, A.A. (2005). *Trash fish production and national fish feed requirement in Malasya*. Vietnã: Honeí.
- Riley, K.L.; Holladay, C.G.; Chesney, E.J. & Tiersch, T.R. (2004). Cryopreservation of sperm of red snapper *Lutjanus campechanus*. *Aquaculture*, 238(1):183-94.
- Rios Filho, J.E. (2001). Cultivo da cioba *Lutjanus analis* em tanques-rede utilizando diferentes tipos de alimento. *Tropical Oceanography*, 29(1):87-116.
- Rojas, J.R.; Maravilla, E. & Chicas, F.B. (2004). Hábitos alimentarios del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces:Lutjanidae) em los Cóbano y Puerto la Libertad, El Salvador. *Revista Biología Tropical*, 52(1):163-70.
- Sanches, E.G. (2007). Piscicultura marinha no Brasil: uma alternativa de produção e conservação. *Aqüicultura & Pesca*, 34:16-22.
- Sanches, E.G.; Henriques, M.B.; Fagundes, L. & Silva, A.A. (2006). Viabilidade econômica do cultivo da garoupa-verdadeira (*Epinephelus marginatus*) em tanques-rede, região Sudeste do Brasil. *Informações Econômicas*, 36(8):15-25.
- Sanches, E.G.; Azevedo, V.G. & Costa, M.R. (2007). Criação da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Teleostei, Serranidae) alimentada com rejeito de pesca e ração úmida em tanques-rede. *Atlântica*, 29(1):121-6.
- Sim, S.Y.; Rimmer, M.; Williams, K.; Toledo, J.D.; Sugama, K.; Rumegan, I., et al. (2005). *A practical guide to feeds and feed management for cultured groupers*. Bangkok: NACA.
- Vuthiphandchai, V.; Chomphuthawach, S. & Nimrat, S. (2009). Cryopreservation of red snapper *Lutjanus argentimaculatus* sperm: effect of cryoprotectants and cooling rates on sperm motility, sperm viability and fertilization capacity. *Theriogenology*, 72(1):129-38.
- Watanabe, W.O. (2001). Species profile *mutton snapper*. College Station, Texas: Texas A&M University. SRAC Pub. n.725.
- Watanabe, W.O.; Ellis, S. & Chaves, J. (2001). Effects of dietary lipid and energy to protein ratio on growth and feed utilization of juvenile mutton snapper *Lutjanus analis* fed isonitrogenous diets at two temperatures. *Journal of World Aquaculture Society*, 32(1):30-40.
- Zar, J.H. (1999). *Biostatistical analysis*. New Jersey: Prentice Hall.

Recebido em: 30/10/2009

Versão final reapresentada em: 27/5/2010

Aprovado em: 8/6/2010



ARTIGO | ARTICLE

Qualidade da água de efluentes de pesqueiros situados na bacia do Alto Tietê

Water quality in fish hatchery effluent located in the upper Tietê river basin

Cacilda Thais Janson Mercante¹

Jeniffer Sati Pereira²

Lídia Sumile Maruyama³

Paula Maria Genova de Castro¹

Luciana Carvalho Bezerra de Menezes¹

Suzana Sendacz¹

Ariane Carolina Di Genaro²

RESUMO

Este artigo é parte do estudo que caracterizou a atividade pesqueira das sub-bacias Guarapiranga e Tietê Cabeceiras (Bacia do Alto Tietê), através dos aspectos socioeconômicos e ambientais. Está inserido no projeto *Facilitating Negotiations over Water Conflicts in Latin-American Periurban Upstream Catchments: Combining Multi-Agent Modelling with Role Game Playing*, que pesquisa conflitos do uso da terra e água em regiões periurbanas da América Latina. Nos períodos de estiagem (agosto/2003) e chuva (janeiro/2004) a qualidade da água de efluentes de pesqueiros da região de Guarapiranga e da região de Tietê Cabeceiras foi avaliada, através do nitrogênio total e do fósforo total e de suas respectivas cargas, do coeficiente de exportação, dos fatores abióticos e da demanda bioquímica de oxigênio e sólidos totais. A análise dos resultados

¹ Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, Instituto de Pesca. Av. Francisco Matarazzo, 455, Parque da Água Branca, 05001-000, São Paulo, SP, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: C.T.J. MERCANTE. E-mail: <ctthais@pesca.sp.gov.br>.

¹ Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, Instituto de Pesca, Curso de Pós-Graduação em Aquicultura e Pesca. São Paulo, SP, Brasil.

² Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Pólo Regional do Extremo Oeste. São Paulo, SP, Brasil

evidenciou valores fora dos padrões recomendados na resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente 357/2005 para as duas sub-bacias, indicando um processo de degradação da qualidade da água. Além dos diferentes impactos a que a bacia hidrográfica está sujeita (agrícolas, industriais e urbanos) deve-se acrescentar a estes o lançamento de efluentes de pesqueiro. Recomenda-se o controle da qualidade da água através do manejo adequado, além do tratamento do efluente para minimizar tais impactos.

Palavras-chave: Alto Tietê. Eutrofização. Pesqueiro. Qualidade da Água.

ABSTRACT

This paper is part of the study that identified the fishing activities in the Guarapiranga and Tietê Cabeceiras sub-basins (Upper Tietê river basin) with regard to socio-economic and environmental aspects. It is part of the project known as "Facilitating negotiations over water conflicts in Latin-American periurban upstream catchments: combining multi-agent modeling with role game playing", that looks into the controversial use of land and water in peri-urban regions in Latin America. Throughout the dry season (August 2003) and rainy season (January 2004), the water quality of the fish hatchery effluent, in the Guarapiranga and Tietê Cabeceiras regions, was evaluated through the total nitrogen and total phosphorus and their respective loads, export coefficient, abiotic factors and bio-chemical demand of total oxygen and total solids. Analyzing the results, values were found to be outside of the level recommended by National Council for the Environment 357/2005 legislation for both sub-basins, thereby indicating a process of degradation of water quality. In addition to the different impacts that can affect the hydrographic basin (agricultural, industrial and urban), the discharge of fish hatchery effluent has also to be considered. Proper management is recommended as well as the treatment of the fish hatchery effluent in order to control water quality and consequently minimize such impacts.

Key words: Alto Tietê. Eutrophication. Fish pond. Water quality.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o aumento das cargas de nitrogênio e fósforo é um dos muitos fatores que atingem os ecossistemas aquáticos continentais. Dentre os principais desafios do Século XXI, referentes à crise da água, podem ser destacadas a escassez ou pouca disponibilidade, a deterioração de sua qualidade e a falta de percepção de gestores e do público em geral sobre a gravidade da crise (Tundisi, 1990).

Acompanhando as tendências atuais de países do primeiro mundo, o espaço rural brasileiro, principalmente a Região Centro-Sul, vem sofrendo grandes alterações, pois além de abrigar a agricultura, passou a abrigar também outras atividades como a agroindústria e atividades

pesqueiras (Graziano, 1999; Kitamura et al., 1999). Estas últimas estão concentradas próximas aos centros urbanos, não só para atender ao sistema de comercialização de peixes como também para atender a busca por serviços de lazer em ambientes naturais e aos usos alternativos e múltiplos de corpos d'água. Nos últimos anos (a partir da década de 1990) ocorreu um crescimento dessa atividade principalmente quanto à pesca esportiva (pesque-pague ou pague-pesque).

O presente artigo inseriu-se em um projeto maior: Projeto NEGOWAT (sigla para *Facilitating Negotiations over Water Conflicts in Latin-American Periurban Upstream Catchments: Combining Multi-Agent Modelling with Role Game Playing*), cuja finalidade principal foi pesquisar os conflitos do uso da terra e da água em regiões periurbanas da

América Latina. Além disso, este projeto visa desenvolver ferramentas para facilitar as negociações entre os diferentes grupos de interesse nestas regiões. Como parte desse projeto caracterizou-se a atividade pesqueira das sub-bacias Tietê Cabeceiras e Guarapiranga, utilizando-se estudos socioeconômicos e ambientais.

Segundo Venturieri (2002) e Sztibe & Sena (2004), a disponibilidade hídrica da bacia do Alto Tietê já é considerada crítica, pois o volume das captações supera 50% da vazão mínima, além disso, o espaço rural do Alto Tietê, na região metropolitana de São Paulo passou a ser drasticamente modificado em função de seu uso em atividades não-agrícolas como as industriais e a pesca esportiva.

O uso desenfreado dos recursos hídricos afeta suas qualidades e são poucos os estudos voltados a esse problema (Kitamura *et al.*, 1999; Valenti, 2000).

O manejo hídrico inadequado pode causar uma eutrofização artificial, gerando uma reação em cadeia, quebrando a estabilidade do sistema, uma vez que os fatores atuam de modo interligado, afetando o sucesso do empreendimento (pesqueiros) (Vinatea, 1997; Sipaúba-Tavares *et al.*, 1998). De acordo com Boyd (1990), a eutrofização em viveiros ocorre devido a um excesso de alimento introduzido ao meio, ocasionando um excesso que não é consumido pelos peixes.

O sucesso econômico desta atividade, segundo Eler *et al.* (2001), depende da boa manutenção da qualidade da água, sendo que esta qualidade pode ser influenciada por diversos fatores, mas principalmente pelo manejo dos alimentos.

Estudos realizados em pesqueiros situados na região metropolitana de São Paulo indicaram elevado grau de deterioração da água, sugerindo entre outros fatores, que o manejo empregado promoveu um intenso processo de eutrofização nesses locais (Mercante *et al.*, 2004; Mercante *et al.*, 2006). Ainda com relação aos aspectos sanitários verificou-se presença de cianotoxinas em 60% dos pesqueiros, fato relacionado, entre outros, às elevadas concentrações de fósforo presentes na água (Honda *et al.*, 2006), devido ao manejo inadequado.

Em comparação com outros macronutrientes necessários à vida aquática, o fósforo é o que ocorre em menor abundância, portanto, ele é considerado o elemento limitante à produtividade biológica (Wetzel, 1993). Além disso, este elemento é um dos principais responsáveis pela eutrofização artificial.

Outro elemento de larga importância para o metabolismo de sistemas aquáticos é o nitrogênio. Este elemento participa na formação de proteínas, e assim como o fósforo, atua também como fator limitante na produção primária (Wetzel, 1993).

O incremento de nitrogênio no meio também pode ocorrer devido aos excretas dos animais, à aplicação de fertilizantes nitrogenados amoniacais, como o sulfato de amônio, ao nitrato de amônio e aos fosfatos monoamônicos e diamônicos. Quando há grande concentração de nitrogênio orgânico no substrato aquático, este é liberado para a água sob a forma de amônia, e esta é muito tóxica para os organismos aquáticos (Sipaúba-Tavares *et al.*, 1998).

Os rios e os demais cursos d'água são as principais vias de transferência dos elementos nitrogênio e fósforo para muitos lagos e reservatórios, já que integram diversas fontes pontuais e difusas desses elementos dentro dos mananciais (International Environmental Technology Centre, 2001).

Dessa maneira, os tributários constituem fontes potenciais de eutrofização de reservatórios; e acarretam um grande impacto na qualidade da água de uma represa (Henry *et al.*, 1999).

Um dos fatores envolvidos na deterioração das águas dos rios é a falta de tratamento dos efluentes lançados em seu percurso (Braga *et al.*, 2004). De acordo com o Capítulo IV, Artigo n. 24, da Resolução CONAMA 357/2005: "Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis". E conforme o Artigo n. 32 desta mesma Resolução: "nas águas de classe especial é vedado o lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários,

de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados". Portanto estudos que avaliem e monitorem o grau de poluição dos corpos d'água receptores são de extrema importância para que se possam minimizar os impactos gerados por esta atividade.

Este artigo fez parte do projeto intitulado: Facilitando a negociação dos conflitos da água na bacia periurbana de países da América Latina (NEGOWAT), desenvolvendo ferramentas para a melhor gestão dos usos múltiplos da água.

O objetivo principal deste artigo é avaliar as concentrações e cargas de emissão dos efluentes dos pesqueiros na bacia hidrográfica do Alto Tietê, de acordo com os padrões e recomendações da resolução CONAMA 357/2005, empregando também o Índice de Estado Trófico (IET) para caracterizar a qualidade da água lançada no corpo receptor.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A bacia hidrográfica do Alto Tietê possui uma área total de 7 390km² e é composta por 36 municípios. Além disso, está situada no Planalto Atlântico, em região de rochas cristalinas do período cenozoico (DAEE, 2002; Sztibe & Sena, 2004; Hidrogeologia..., 2005). A vazão média de suas águas superficiais corresponde a 86m³.s⁻¹, sendo a sua vazão mínima correspondente a 20m³.s⁻¹ (Sztibe & Sena, 2004).

A demanda de água do sistema Alto Tietê é responsável pela crítica disponibilidade hídrica dessa bacia, visto que 61,1% da vazão é destinada ao uso doméstico, 16,4% ao uso industrial e 2,6% da vazão é destinada para a irrigação, correspondendo a um total utilizado de 80,2% (Sztibe & Sena, 2004).

Os principais cursos de água dessa bacia são os rios Tietê, Pinheiros, Tamanduateí, abrangendo ainda os reservatórios de Ribeirão do Carmo, Ponte

Nova, Paraitinga, Biritiba, Jundiá, Taiacupeba, Billings, Edgá de Souza, Paiva Castro, Pirapora, Rio das Pedras e Guarapiranga (Hidrogeologia..., 1995).

A bacia do Alto Tietê é subdividida em bacias menores denominando-se sub-bacias. Avaliando-se os mapas de uso e ocupação do solo, verificou-se que os pesqueiros situados na região da sub-bacia Guarapiranga encontram-se em área de várzea, caracterizada por grande impacto, devido à urbanização e agricultura. Os pesqueiros situados na sub-bacia Tietê Cabeceiras encontram-se em áreas de predominância agrícola (horticultura e fruticultura), que apresentam ainda extensa cobertura vegetal mais densa originada de reflorestamento.

Os efluentes amostrados foram de pesqueiros localizados na sub-bacia Guarapiranga e na sub-bacia Tietê Cabeceiras.

A sub-bacia Tietê Cabeceiras abrange os municípios paulistas de Guarulhos, Suzano, Ferraz de Vasconcelos, Poá, Itaquaquetuba, Mauá, Biritiba Mirim, Salesópolis, Paraibuna e Mogi das Cruzes, incluindo as represas Ponte Nova, Jundiá e Taiacupeba, Estação Reservatória de Biritiba, Canal Biritiba-Jundiá e Canal Jundiá-Taiacupeba. Já a sub-bacia Guarapiranga abrange as regiões de Parelheiros e Jardim Ângela em São Paulo, os municípios de Embú, Itapeperica da Serra, Cotia, Embú-Guaçu e São Lourenço da Serra, incluindo a represa de Guarapiranga.

Pesqueiros relacionados aos efluentes

Os pesqueiros foram identificados e localizados geograficamente a partir de um GPS (sub-bacia Guarapiranga: PP8 - 23°48'26" Latitude S, 46°44'41" Longitude O; PP9 - 23°48'00" Latitude S, 46°44'41" Longitude O; PP10 - 23°48'05" Latitude S, 46°42'12" Longitude O; PP22 - 23°48'03" Latitude S, 46°40'19" O; sub-bacias Tietê Cabeceiras: PP1; PP2 - 23°38'10" Latitude S, 46°12'21" Longitude O; PP4 - 23°34'29" Latitude S, 46°20'01" Longitude O). Foram, então, realizados os contatos iniciais via telefone e agendadas as visitas aos empreendimentos. Foi dada a sigla PP (Pesque-Pague) para

cada pesqueiro e uma numeração para identificá-los.

As áreas dos pesqueiros variaram de 4 850m² em PP10 e PP22 (sub-bacia Guarapiranga) a 19 000m² em PP2 (sub-bacia Tietê Cabeceiras).

Neste estudo não foi possível avaliar um maior número de locais, pois muitos pesqueiros mantêm os monges fechados notadamente no período de estiagem. Por isso, não foi possível realizar as coletas no período de estiagem em alguns empreendimentos como PP1, PP8 e PP2.

Nestes empreendimentos, os principais tipos de peixes utilizados para a pesca esportiva são as tilápias, as carpas e os pintados. Estas espécies são encontradas em regiões de clima tropical, porém são exóticas nas sub-bacias estudadas.

Os proprietários e os pescadores esportivos que se encontravam nesses locais foram entrevistados, de acordo com questionários elaborados por Castro *et al.* (2006), contendo questões abertas e fechadas, com os seguintes itens abordados: caracterização do empreendimento (área do pesqueiro, número de lagos, área e profundidade dos lagos, densidade de estocagem, diversidade de peixes, etc.), característica do proprietário e histórico da propriedade, avaliação econômica e ambiental, além do perfil do pescador esportivo usuário de pesque-pague. Além das entrevistas, as informações obtidas através de relatos espontâneos e pelas observações de campo complementaram a análise dos dados, também realizado por Castro *et al.* (2006).

Coleta das amostras

Coletaram-se amostras de efluentes de sete pesqueiros ao longo do sistema. As coletas foram realizadas no período estiagem-frio (agosto/ 2003 e agosto/ 2004) e chuvoso-quente (janeiro/ 2004).

Foram determinadas no local de coleta a temperatura da água, pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, utilizando o aparelho Horiba U-22. No laboratório, foram determinadas as quantidades de sólidos totais em suspensão segundo o Método do STS seco a 103°C (American..., 1998),

as concentrações de nutrientes (nitrogênio e fósforo totais) segundo MacKereth *et al.* (1978) e a demanda biológica do oxigênio, segundo Golterman *et al.* (1978). As cargas de nutrientes foram obtidas através do produto entre os valores de vazão (m³.s⁻¹) e concentrações totais de nitrogênio (mg.L⁻¹) e fósforo (µg.L⁻¹).

Para o cálculo da vazão utilizou-se o método volumétrico que se baseia no tempo gasto para um determinado fluxo de água ocupar um recipiente de volume conhecido (Leopoldo & Souza 1979).

Por meio dos valores das cargas obtidas e das áreas totais dos lagos existentes nos pesqueiros, calculou-se o coeficiente de exportação de nutrientes para cada empreendimento em relação ao despejo de fósforo e nitrogênio através da equação 1:

$$E = \text{Carga} / (\text{área dos lagos}) * 365 \quad \text{equação 1}$$

onde E = coeficiente de exportação (Kg/PT ou NT), área = m², ano = 365 dias.

Conforme as recomendações apresentadas em Toledo *et al.* (1983) e Mercante & Tucci-Moura (1999) no presente artigo calculou-se o índice de estado trófico de Carlson, modificado por Toledo *et al.* (1983), o qual foi ajustado para ambientes tropicais. Este índice é utilizado para estimar o estado trófico de sistemas aquáticos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A medida de vazão é de fundamental importância para o conhecimento da dinâmica dos pesqueiros. Isto porque a manutenção do fitoplâncton relaciona-se diretamente com essa variável.

A maior vazão dentre os efluentes das duas sub-bacias ocorreu em PP1 com 1,54m³.s⁻¹ no período de chuva e a menor em PP4 com 0,12m³.s⁻¹ no período de estiagem, ambos localizados na sub-bacia Tietê Cabeceiras.

As variações de temperatura no meio aquático costumam ser brandas, visto que o calor específico dela é muito alto. Entretanto, uma

oscilação da temperatura pode alterar a solubilidade dos gases na água, sendo que quanto mais quente ela for, menos solúvel aos gases será. O desequilíbrio térmico em um corpo d'água afeta principalmente a quantidade de oxigênio dissolvido, sendo que a diminuição dele aumenta a sua própria demanda (Vinatea, 1997).

A água dos efluentes da sub-bacia Guarapiranga, tanto no período seco como chuvoso, apresentaram valores inferiores à temperatura ideal de 28 a 32°C, proposta por Kubitza (1999) para o cultivo de peixes tropicais variando de 22,6° a 25,1°C (Tabela 1). Nos efluentes da Sub-bacia Tietê Cabeceiras a temperatura ideal foi registrada apenas no período de chuva em dois pesqueiros (PP2 e PP1), e manteve-se abaixo de 28°C no período de estiagem.

Em todos os pesqueiros amostrados, os valores de pH permaneceram inferiores a 7 (Tabela 1) indicando leve acidez das águas.

A condutividade elétrica é de extrema importância, pois fornece informações do metabolismo do ecossistema detectando as fontes poluidoras. Quando seus valores são altos, indicam alto grau de decomposição, ou seja, grande concentração de íons na água (Sipaúba-Tavares, 1995). Foi obtido, na maior parte dos efluentes dos pesqueiros amostrados, um valor de condutividade elétrica elevado, com valores entre 38 (PP2, sub-bacia Tietê Cabeceiras) e 146 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (PP22, sub-bacia Guarapiranga) (Tabela 1), fato que pode ser relacionado à matéria orgânica em decomposição de origem antrópica devido a adubações e alimentos introduzidos em excesso e não utilizados pelos peixes.

Além disso, os valores médios de condutividade elétrica dos pesqueiros da sub-bacia Guarapiranga foram mais elevados em relação aos valores dos pesqueiros situados na sub-bacia Tietê Cabeceiras, tanto no período seco quanto no chuvoso. A sub-bacia Guarapiranga está inserida na bacia do Alto Tietê a qual abrange grande parte da Região Metropolitana da Grande São Paulo e recebe altas cargas de esgoto. Richter *et al.* (2007) em um estudo na Represa Guarapiranga em 2002 e 2003 considerou

os pontos amostrados, junto a barragem e em seus afluentes, como ambientes impactados, pois registrou valores de condutividade elétrica superior a 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Turbidez é a medida da capacidade que a água tem de dispersar a radiação, dessa forma, está associada à presença de partículas sólidas em suspensão, à condutividade elétrica e também a grande quantidade de fitoplâncton. Com exceção dos efluentes de PP10 e PP22 da Sub-bacia Guarapiranga no período de chuva e de PP4 da Sub-bacia Tietê Cabeceiras em ambos os períodos, todos os efluentes apresentaram valores de turbidez (Tabela 1) maiores que o recomendado pela Resolução CONAMA 357/2005 de acordo com a classe 2, ou seja, acima de 100 NTU.

Na Tabela 1, pode-se observar que o efluente em que foi registrado o maior valor para o oxigênio dissolvido foi em PP8 no período de chuva com 10,91 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e o menor foi em PP4 no período de seca com 8,6 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Grandes quantidades de matéria orgânica em decomposição aumentam o consumo do oxigênio na água prejudicando a vida da maioria das espécies de peixes (Huet, 1973). De acordo com Kubitza (1999) baixas concentrações de oxigênio podem causar diminuição no crescimento, redução na eficiência alimentar, aumento da incidência de doenças e mortalidade dos peixes. Os elevados valores de oxigênio dissolvido encontrados indicaram uma supersaturação de oxigênio na água que gerou valores de porcentagem maiores que 100% (Tabela 1). Tais resultados também foram obtidos em estudos realizados em pesqueiros da região metropolitana de São Paulo (Mercante *et al.*, 2006) e em um viveiro de engorda de tilápias, Pindamonhangaba, SP (Mercante *et al.* 2007). Mercante *et al.* (2007) evidenciaram nitidamente a relação entre a atividade fotossintética das algas e a dinâmica do oxigênio e registraram um valor médio de 121% de saturação de oxigênio.

A supersaturação é consequência de grande quantidade de organismos fotossintetizantes, visto que a concentração de oxigênio é o resultado das

atividades metabólicas dos diferentes organismos que habitam o corpo aquático (Takino & Cipolli, 1988). A quantidade elevada de organismos fotossintetizantes, algas, é resultado de grande acúmulo de nutrientes (PT e NT) no corpo de água. Além disso, em sistemas abertos, a concentração de oxigênio varia em função da turbulência da água e difusão direta do gás.

A DBO indica a quantidade de oxigênio necessária para decomposição biológica ou enzimática da matéria orgânica e é um elemento

fundamental em todo o estudo que tenha por objetivo a preservação das condições ecológicas dos rios e mananciais (Branco, 1986).

Todos os efluentes dos pesqueiros analisados apresentaram DBO (Tabela 1) dentro dos limites estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 de acordo com a classe 2 (águas destinadas à criação natural e/ou intensiva de organismos aquáticos ao consumo humano), ou seja, inferiores a 5mg.L⁻¹. Embora as demais variáveis estudadas tenham indicado um processo de degradação da matéria

Tabela 1. Variáveis físicas e químicas medidas nos efluentes de pesqueiros situados na região do Alto Tietê (sub-bacias Guarapiranga e Tietê Cabeceiras) no período de agosto/2003 e janeiro/2004.

Variáveis	Temp	pH	CE	Turb	DBO	OD	%Sat	STS	PT	NT	IET Mod
Pesqueiros											
Unidades	°C		uS.cm ⁻¹	NTU	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹		mg.L ⁻¹	µg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	
<i>Guarapiranga seca 3</i>											
PP9	24,76	6,33	97,00	118,00	2,94	8,63	115,84	67,00	184,00	0,68	72,00
PP8	24,78	6,13	93,00	134,00	*	9,01	120,93	79,00	*	*	*
PP10	25,03	6,18	92,00	109,00	1,99	8,97	120,39	61,00	64,00	0,54	57,00
PP22	24,60	6,21	101,00	111,00	*	8,87	119,05	75,00	*	*	*
Média	24,79	6,21	95,75	118,00	2,47	8,87	119,05	70,00	124,00	0,61	64,50
Mínimo	24,60	6,13	92,00	109,00	1,99	8,63	115,84	61,00	64,00	0,54	57,00
Máximo	25,03	6,33	101,00	134,00	2,94	9,01	120,93	79,00	184,00	0,68	72,00
<i>Guarapiranga chuva 4</i>											
PP9	22,61	6,14	116,00	150,00	1,87	10,38	134,29	76,00	57,54	0,877	55,00
PP8	22,68	6,08	66,00	114,00	1,98	10,91	141,14	43,00	87,32	0,658	61,00
PP10	23,26	6,12	67,00	67,90	1,77	10,83	137,54	44,00	54,08	0,645	54,00
PP22	25,14	6,53	146,00	97,40	2,08	9,70	130,19	95,00	80,17	0,560	60,00
Média	23,42	6,22	98,75	107,33	1,93	10,46	135,79	64,50	69,78	0,690	57,50
Mínimo	22,61	6,08	66,00	67,90	1,77	9,7	130,19	43,00	54,08	0,560	54,00
Máximo	25,14	6,53	146,00	150,00	2,08	10,91	141,14	95,00	87,32	0,877	61,00
<i>Tietê Cabeceiras seca 3</i>											
PP2	22,000	6,030	50,00	116,00	2,00	8,78	111,51	32,00	70,18	0,64	58,00
PP1	24,000	6,270	139,00	107,00	1,94	8,68	114,43	90,00	*	*	*
PP4	23,500	6,180	81,00	17,50	2,20	8,60	111,26	53,00	102,19	0,66	63,00
Média	23,167	6,160	90,00	80,17	2,05	8,69	112,40	58,33	86,19	0,65	60,50
Mínimo	22,000	6,030	50,00	17,50	1,94	8,6	111,26	32,00	70,18	0,64	58,00
Máximo	24,000	6,270	139,00	116,00	2,20	8,78	114,43	90,00	102,19	0,66	63,00
<i>Tietê Cabeceiras chuva 4</i>											
PP2	28,35	6,41	38,00	142,00	1,71	10,52	148,75	24,00	65,17	0,571	57,00
PP1	29,59	6,20	124,00	239,00	1,84	9,18	134,25	81,00	80,01	0,683	60,00
PP4	26,52	6,97	96,00	54,10	2,04	10,44	150,11	63,00	97,23	0,611	63,00
Média	28,15	6,53	86,00	145,03	1,86	10,05	144,37	56,00	80,80	0,620	60,00
Mínimo	26,52	6,20	38,00	54,10	1,71	9,18	134,25	24,00	65,17	0,571	57,00
Máximo	29,59	6,97	124,00	239,00	2,04	10,52	150,11	81,00	97,23	0,683	63,00

*local não amostrado devido a saída do monge estar fechada.

temp.: temperatura da água; CE: condutividade elétrica; Turb: turbidez; DBO: demanda bioquímica do oxigênio; STS: sólidos totais em suspensão; PT: fósforo total; NT: nitrogênio total; OD: oxigênio total; %Sat: porcentagem de saturação do oxigênio; IET Mod: índice de estado trófico modificado.

orgânica devido a elevados valores de condutividade elétrica e turbidez e valores de pH baixos, muito provavelmente, a quantidade de matéria orgânica não foi tão elevada a ponto de ocorrer um intenso processo de decomposição que pudesse ser detectado pelo método bioquímico.

O efluente com maior valor para os sólidos dissolvidos foi o PP22 (sub-bacia Guarapiranga) com 95mg.L^{-1} no período chuvoso e com o menor valor foi o PP2 (sub-bacia Tietê Cabeceiras) com 24mg.L^{-1} (Tabela 1).

O fósforo e o nitrogênio podem ser responsáveis pelo processo de eutrofização artificial, gerando uma reação em cadeia e quebrando a estabilidade do sistema aquático, visto que este passa a receber e produzir maior quantidade de matéria orgânica do que a sua capacidade de consumo e decomposição (Esteves, 1998).

O aporte de nitrogênio e fósforo nos viveiros de piscicultura advém, principalmente, do excesso de alimento introduzido no meio, visto que são componentes principais da ração dos peixes, assim como da grande decomposição de matéria orgânica e excreção (Eler *et al.*, 2001; Mercante *et al.*, 2006; Mercante *et al.*, 2007).

Considerando as concentrações de fósforo total obtidas nas amostras das águas à jusante dos pesqueiros, todos os pesqueiros classificaram-se como eutróficos, visto que os índices de estado trófico modificados ultrapassaram o valor 51 (Tabela 1 e Figura 1).

Os índices obtidos nos efluentes foram comparáveis aos índices obtidos por Mercante & Tucci-Moura (1999), no Lago das Garças (IET = 63), considerado um ambiente muito eutrofizado devido a grande entrada de fósforo. Como também aos estudos realizados em trinta pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo (Mercante *et al.*, 2006).

Os resultados de concentração de fósforo total, $54,08$ a 184ig.L^{-1} (Tabela 1 e Figura 2A) foram muito acima do recomendado pela resolução CONAMA 357/2005 de acordo com a classe 2 para ambientes lênticos. Por outro lado, as concentrações de nitrogênio total, $0,54$ a $0,877\text{mg.L}^{-1}$ (Tabela 1 e Figura 2B), encontraram-se dentro dos padrões

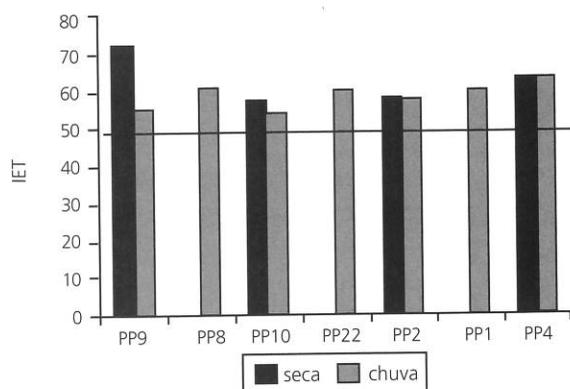


Figura 1. Índice de Estado Trófico (modificado) dos efluentes situados na região das Sub-bacias Guarapiranga e Tietê Cabeceiras nos períodos de seca e chuva (agosto/2003 e janeiro/2004). Acima do limite 51, demarcado no gráfico, o ambiente é considerado eutrófico.

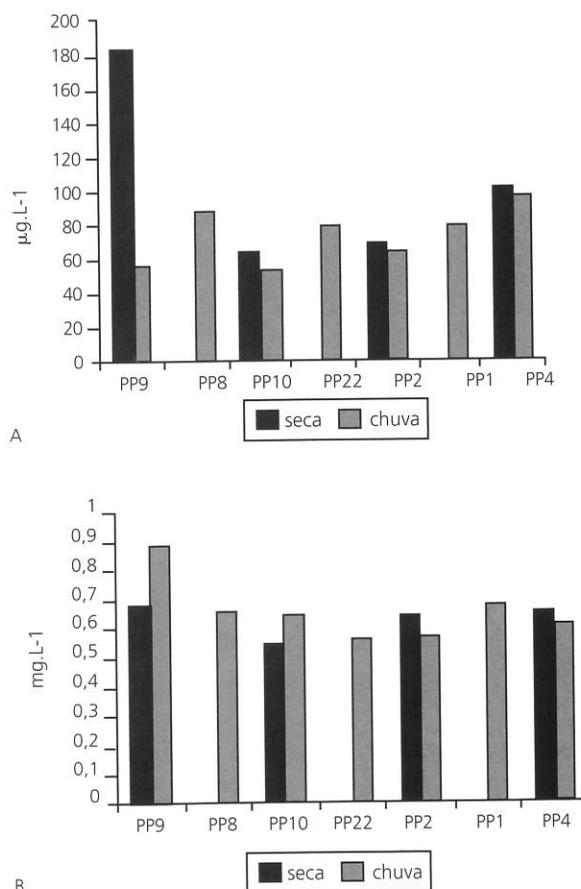


Figura 2. Fósforo total em $\mu\text{g.L}^{-1}$ (A) e Nitrogênio total em mg.L^{-1} (B) nos efluentes situados na região da Sub-bacia Guarapiranga (PP9, PP8, PP10, PP22) e Tietê Cabeceiras (PP2, PP1, PP4) nos períodos de seca e chuva (agosto/2003 e janeiro/2004).

recomendados pela mesma resolução ou seja, inferiores à 1,27mg/L. Portanto, pode-se inferir que a principal causa da eutrofização desses ambientes aquáticos foi o alto nível de fósforo.

Os maiores valores de carga de P e N obtidos, respectivamente, foram: 10,65kg.dia⁻¹ e 90,88kg.dia⁻¹, ambos em PP1 no período chuvoso. E os menores valores obtidos foram, respectivamente, 1,06kg.dia⁻¹ e 6,88kg.dia⁻¹ em PP4 no período de estiagem (Figura 3 A e 3B).

As cargas instantâneas de nitrogênio e fósforo, que chegam ao corpo d'água por meio de efluentes, podem ser calculadas pela razão do produto entre os valores da vazão em L.s⁻¹ e a concentração, em

mg.L⁻¹, dos nutrientes. Sua estimativa pode indicar o grau em que o aporte de nitrogênio e fósforo está atuando na degradação do sistema aquático, a jusante, neste caso, do empreendimento. As elevadas cargas de nutrientes estão também relacionadas à baixa qualidade nutricional e estabilidade do alimento na água (Kubitza, 1999). As cargas obtidas nos efluentes dos pesqueiros podem ser comparadas aos resultados obtidos no trabalho realizado por Sendacz et al. (2005), em que as cargas de nitrogênio e fósforo obtidas nas regiões de agricultura foram, respectivamente, 8,6kg.dia⁻¹ e 0,2kg.dia⁻¹ na região de Parelheiros, SP, valores menores do que os estimados nos efluentes dos pesqueiros analisados neste estudo.

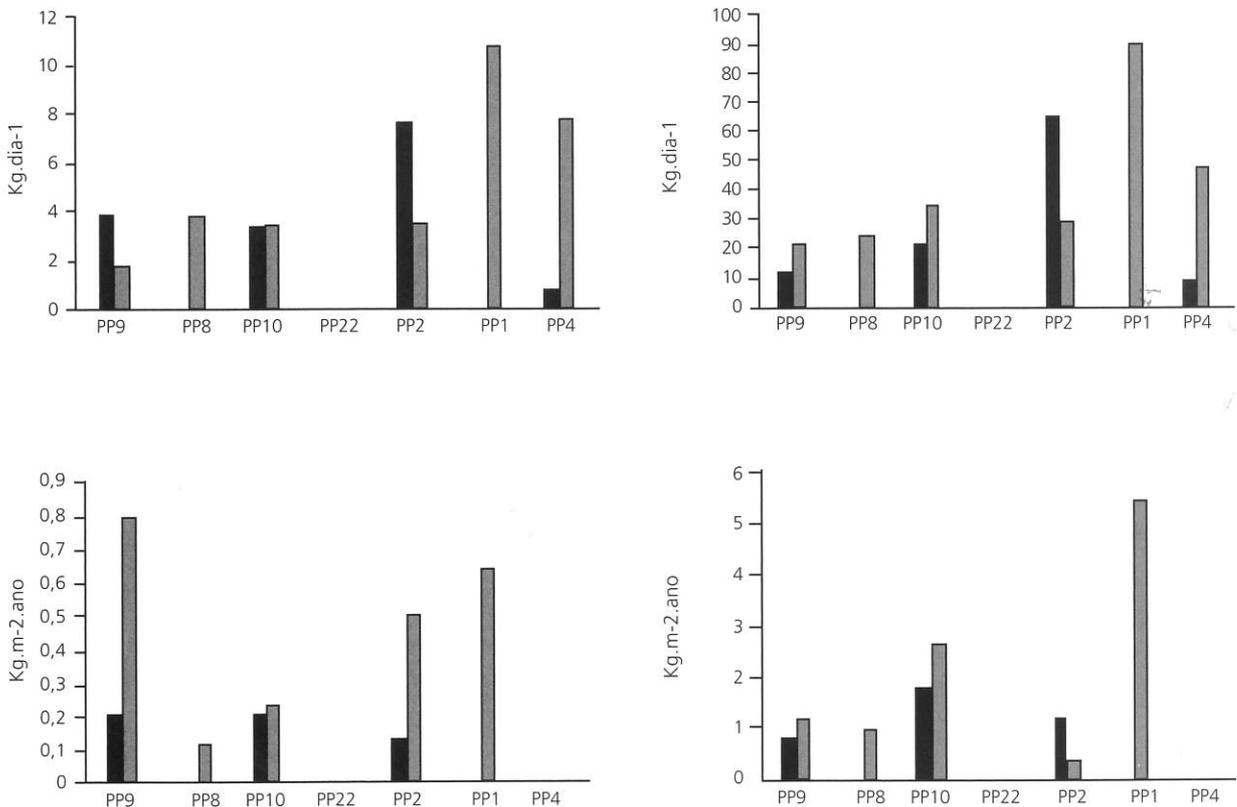


Figura 3. Cargas de fósforo (A) e nitrogênio (B) em kg.dia⁻¹ e coeficiente de exportação de fósforo (C) e nitrogênio (D) em kg.m⁻².ano nos efluentes situados na região das Sub-bacias Guarapiranga (PP9, PP8, PP10, PP22) e Tietê Cabeceiras (PP2, PP1, PP4) nos períodos de seca e chuva (agosto/ 2003 e janeiro/ 2004).

Pode-se observar através da Figura 3C e 3D que os valores de coeficiente de exportação de fósforo e nitrogênio obtidos neste estudo foram elevados. Os valores de coeficiente de exportação de fósforo variaram de 0,06 (PP2, período chuvoso) a 0,65 (PP1, período chuvoso) kg.m⁻².ano e os de

nitrogênio variaram de 0,54 (PP2, período chuvoso) a 5,53 (PP1, período chuvoso) kg.m⁻².ano. Thomaz et al. (1992) obtiveram valores bem menores para o nitrogênio e fósforo na Bacia do Rio Paraná (PR-BR), respectivamente de 0,000136kg.m⁻².ano e 0,000014kg.m⁻².ano (Tabela 2).

Tabela 2. Cargas de nitrogênio e fósforo e seus respectivos coeficientes de exportação de alguns rios, reservatórios e empreendimento de aquicultura.

Local	Carga (Kg/dia)		Coeficiente de exportação (Kg/m ² ano)		Referência
	Nitrogênio	Fósforo	Nitrogênio	Fósforo	
Rio Inhaçá (SP/PR)	250	40			Ferrareze et al. (2005)
Rio das Cinzas (SP/PR)	192020	48710			Ferrareze et al. (2005)
Jusante do Reservatório Ponte Nova	10,3	0,4			Sendacz et al. (2005)
Jusante do Reservatório de Taiapuêba	16	0,4			Sendacz et al. (2005)
Rio Ivinhema (PR)			0,000134	0,000026	Thomaz et al. (1992); Heny (2007)
Rio Paraná (PR)			0,00136	0,000014	Thomaz et al. (1992); Heny (2007)
Rio Tietê (SP) Bacia do Médio Tietê			0,000899	0,000053	Oishi (1996); UNEP - IETC (2001)
Fazenda de carcinicultura nº1 bacia do Baixo Jaguaribe (CE)				0,000092	Figueiredo et al. (2005)
Fazenda de carcinicultura nº2 bacia do Baixo Jaguaribe (CE)				0,000091	Figueiredo et al. (2005)
Pesqueiro - Sub bacia Tietê Cabeceiras (SP)	90,88	10,65	5,53	0,65	Mercante et al. (2006)

Concluiu-se no presente artigo que os pesqueiros contribuíram com elevado aporte, notadamente, de fósforo em ambas as bacias pesquisadas. Fato que pode ser corroborado pelas concentrações deste elemento constantemente acima do recomendado pela resolução CONAMA 357/2005. Além disso, tanto as cargas como os coeficientes de exportação mostraram-se elevados quando comparados com outros estudos. O cálculo do índice de estado trófico classificou a água dos efluentes de todos os empreendimentos, tanto no período seco como no chuvoso, de eutróficos a hipereutróficos, evidenciando a eutrofização desses sistemas. A partir dos resultados recomenda-se o tratamento dos efluentes advindos dos pesqueiros

com a finalidade de minimizar o processo de degradação ambiental nas sub-bacias em questão.

A G R A D E C I M E N T O S

Ao projeto NEGOWAT (INCO-DEV: *International Cooperation with Developing/Countries ICA4-2002-10061*)

R E F E R Ê N C I A S

American Public Health Association. (1998). *Standard methods for the examination of water and waste water*. Washington, DC: United Book Press.

- Boyd, C. (1990). *Water quality in ponds for aquaculture*. Alabama: Birmingham Publishing. p.482.
- Braga, B.; Hespanhol, I. & Conejo, J.G.L. (2004). *Introdução à engenharia ambiental*. São Paulo: Prentice Hall. p.305.
- Branco, S.M. (1986). *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*. 3ª ed. São Paulo: CETESB. p.593.
- Castro, P.M.G.; Maruyama, L.S.; Mercante, C.T.J. & Menezes, L.C.B. (2006). Perspectivas da atividade de pesqueiros no alto Tietê: contribuição à gestão de usos múltiplos da água. *Boletim do Instituto de Pesca*, 32(1):1-14.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2005). Classificação das águas doces, salobras e salinas do território Nacional. Resolução n.357, de 17 de março 2005
- Departamento de Águas e Energia Elétrica. (2002). *Características dos comitês de bacia hidrográfica no Estado de São Paulo*. São Paulo: DRH. p.25.
- Eler, M.N.; Ceccarelli, P.S.; Bufon, A.G.M. & Espíndola, E.L.G. (2001). Mortandade de peixes (matrinxã, *Brycon cephalus*, e pacu, *Piaractus mesopotamicus*) associada a uma floração de cianobactérias em pesque-pague, município de Descalvado, Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim Técnico do CEPTA*, 14:35-45.
- Esteves, F.A. (1998). *Fundamentos de limnologia*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência.
- Ferrareze, M.F.F.; Nogueira, M.G. & Vianna, N.C. (2005). Transporte de nutrientes e sedimentos no rio Paranapanema (SP/PR) e seus principais tributários nas estações seca e chuvosa. In: Nogueira, M.G.; Henry, R. & Jorcin, A. (2005). *Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistema em cascata*. São Carlos: Rima. p.435-559.
- Figueiredo, M.C.B.; Araújo, L.F.P.; Gomes, R.B.; Rosa, M.F.; Paulino, W.D. & Morais, L.F.S. (2005). Impactos ambientais do lançamento de efluente da carcinicultura em águas interiores. *Engenharia Sanitária Ambiental*, 10(2):167-74.
- Golterman, H.L. & Clymo, R.S. (1978). *Methods for chemical analysis of freshwater*. 2ª ed. Oxford: Blackwell Scientifications.
- Graziano, J.S. (1999). *O Novo rural brasileiro*. Campinas: Unicamp.
- Henry, R.; Santos, A.A.N. & Camargo, Y.R. (1999). Transporte de sólidos suspensos, N e P total pelos rios Paranapanema e Taquari e uma avaliação de sua exportação na represa Jurumirim (São Paulo, Brasil). In: Henry, R. *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: Fapesp. p.689-710.
- Hidrogeologia e Planejamento Ambiental. (1995). Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Disponível em: <<http://www.comiteat.sp.gov.br>>. (Acesso: 20 abr. 2005).
- Honda, Y.R.; Mercante, C.T.J.; Vieira, J.M.S.; Esteves, K.E.; Cabianca, M.A.A. & Azevedo, M.T.P. (2006). Cianotoxinas em pesqueiros da região metropolitana de São Paulo. In: Esteves, E.K. & Sant'Anna, C.L. (Org.). *Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente, saúde pública e manejo: um estudo na região metropolitana*. São Carlos: Rima. p.105-20.
- Huet, M. (1973). *Tratado de piscicultura*. Madrid: Ediciones Mundi Prensa.
- International Environmental Technology Centre. (2001). *Planejamento e gerenciamento de lagos e represa: uma abordagem integrada ao problema de eutrofização*. Série de Publicações Técnicas. São Carlos: Rima. p.385.
- Kitamura, P.C.; Lopes, R.B.; Castro JR, F.G. & De Queiroz, J.F. (1999). Avaliação ambiental e econômica dos lagos de pesca esportiva na bacia do Rio Piracicaba. *Boletim Industria Animal*, 56(1):95-107.
- Kubtiza, F. (1999). *Qualidade da água na produção de peixes*. 3ª ed. Jundiaí: USP. p.97.
- Leopoldo, P.R. & Sousa, A.P. (1979). *Hidrometria*. Botucatu: Unesp. p.9.
- MacKereth, J.F.H.; Heron, J. & Talling, J.F. (1978). *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Amblesid, UK: Freshwater Biological Association Scientific publications, n.36.
- Mercante, C.T.J. & Tucci-Moura, A. (1999). A comparação entre os índices de Carlson e de Carlson modificado aplicados a dois ambientes aquáticos subtropicais, São Paulo, SP. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 11:1-14.
- Mercante, C.T.J.; Cabianca, M.A.; Silva, V.; Costa, S.V. & Esteves, K.E. (2004). Water quality in fee-fishing ponds located in the São Paulo metropolitan region, Brazil: analysis of the eutrophication process. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 16(1):95-102.
- Mercante, C.T.J.; Silva, D.; Costa, S.V. (2006). Avaliação da qualidade da água de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo por meio do uso de variáveis abióticas e da clorofila a. In: Esteves, E.K. & Sant'Anna, C.L. (Org.). *Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente, saúde pública e manejo: um estudo na região metropolitana*. São Carlos: Rima. p.37-48.
- Mercante, C.T.J.; Martins, Y.K.; Carmo, C.F., Osti, J.S.; Mainardes-Pinto, C.S.R. & Tucci, A. (2007). Qualidade de água em viveiro de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológica, São Paulo, Brasil. *Bioikos*, 21(2):79-88.
- Richter, E.M.; Fornaro, A.; Lago, C.L. & Angnes, L. (2007). Avaliação da composição química de águas do Sistema Guarapiranga: estudo de caso nos anos de 2002 e 2003. *Química Nova*, 30(5):1147-52.
- Sendacz, S.; Monteiro Jr., A.J.; Mercante, C.T.J.; Menezes, L.C.B. & Moraes, J. F. (2005). Sistemas em cascatas:

- concentrações e cargas de nutrientes no sistema produtor Alto Tietê, São Paulo. In: Nogueira, M.G.; Henry, R. & Jorcin, A. *Ecologia de reservatório*. São Carlos: Rima. p.417-34.
- Sipaúba-Tavares, L.H. (1995). *Limnologia aplicada à aquicultura*. Jaboticabal: FUNEP. p.72.
- Sipaúba-Tavares, L.H.; Gomide, F.B. & Oliveira, A. (1998). Dynamic limnological variables studied in two fish ponds. *Brazilian Journal of Ecology*, 2:90-6.
- Sztibe, R. & Sena, L.B.R. (2004). *Gestão Participativa das águas*. São Paulo: Secretaria do Estado do Meio Ambiente.
- Takino, M. & Cipolli, M.N. (1988). Caracterização Limnológica em tanques de cultivo de tilápia *Oreochromis niloticus*: parâmetros físicos, químicos e clorofila a. *Boletim do Instituto de Pesca*, 15(2):237-45.
- Thomaz, S.M.; Roberto, M.C.; Lansac-Tôha, F.A.; Lima, A.F. & Esteves, F.A. (1992). Características limnológicas de uma estação de amostragem do Alto Rio Paraná e outra do Baixo Rio Ivinheima. *Acta Limnológica Brasiliensis*, 4(1):32-51.
- Toledo Jr, A.P.; Talarico, M.; Chinez, S.J. & Agudo, E.G. (1983). A aplicação de modelos simplificados para a avaliação e processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. *Anais do XII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária*, 1983, Rio de Janeiro. v.1.
- Tundisi, J.G. (1990). Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. *Revista Brasileira de Biologia*, 50(4):937-55.
- Valenti, W.C. (2000). *Aqüicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPq. p.303-22.
- Venturieri, R. (2002). *Pesque-pague no Estado de São Paulo*. São Paulo: Eco-Associação para Estudos do Ambiente. p.168.
- Vinatea, L. (1997). *Princípios químicos da qualidade da água em aqüicultura*. São Carlos: UFSC.
- Wetzel, R.G. (1993). *Limnologia*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. p.919.

Recebido em: 29/10/2009

Versão final reapresentada em: 28/5/2010

Aprovado em: 13/7/2010



ARTIGO | ARTICLE

A universidade e as questões ambientais: a formação de professores em destaque

University and environmental issues: featuring the educational background of lecturers

Simone Sendin Moreira Guimarães¹
Edson do Carmo Inforsato²

RESUMO

No início do Século XXI, várias crises se entrelaçam e a crise ambiental é a mais planetária de todas. Para uma crise complexa e planetária, que tem implicações sociais, econômicas, tecnológicas, etc., as soluções não virão de uma única fonte, e sim de um somatório de esforços de toda a sociedade (incluindo todas as suas instâncias, governo, empresários, população etc.). O objetivo dessa revisão foi discutir a necessidade de formar "ambientalmente" profissionais que, por sua atividade, interfiram de alguma maneira na qualidade do meio ambiente. Entendemos que em última instância, é a qualidade do meio ambiente que vai garantir a qualidade de vida em uma sociedade mais justa. Pensar a formação de professores, como educadores ambientais, nos cursos de graduação (licenciaturas) das universidades, significa ter como referência a ideia de totalidade (ambiental, política, pedagógica, social, científica etc.) na diversidade que essas áreas possuem. Mesmo sendo muitas as dificuldades para inserção da temática, a partir de uma abordagem complexa, na estrutura universitária, acreditamos ser esse um dos melhores caminhos para formação ambiental.

Palavras-chave: Formação de professores. Licenciaturas. Meio ambiente. Universidade.

¹ Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas. Saída para Nerópolis, Km 13, 74001-970, Goiânia, GO, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: S.S.M. GUIMARÃES. E-mail: <sisendin@ig.com.br>.

² Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Programa de Pós-Graduação em Educação Escolar. Araraquara, SP, Brasil.

ABSTRACT

At the beginning of the 21st century, several crises are intertwined and the environmental crisis is the most global of them all. For a complex and global crisis, which has implications of a social, economic, technological nature, etc., solutions will probably not come from a single source, but rather the sum of efforts of society as a whole (including all its instances, government, business, population, etc.). The objective of this review was to discuss the need to produce "environmental" professionals who, through their activities, are in some way involved with the quality of the environment. We believe that, ultimately, it is the quality of the environment that will ensure the quality of life in a fairer society. Thinking about the training of teachers, as environmental educators in undergraduate (bachelor) universities, means having as a reference the idea of wholeness (environmental, political, educational, social, scientific, etc.) in the diversity that these areas possess. Even though there are many difficulties involved in getting this topic included in the university structure, based on a complex approach, we believe this is one of the best paths toward environmental training.

Key words: *Environmental training. Graduation. University.*

INTRODUÇÃO

Nesse início de Século XXI, várias crises se entrelaçam e a crise ambiental é a mais planetária de todas. Ela emerge, não apenas como catástrofe ecológica, nem como desequilíbrio da economia, mas mostra a perda do sentido da existência e o efeito do conhecimento sobre o mundo (Leff, 2002).

Para uma crise³ complexa e planetária, que tem implicações sociais, econômicas, tecnológicas, etc., as soluções provavelmente não virão de uma única fonte, e sim de esforços de toda a sociedade (incluindo todas as suas instâncias, governo, empresários, população, etc.). Além disso, as discussões ambientais relacionadas à sustentabilidade podem ser "um espaço de luta política e social pela emancipação, pela superação do estado de exploração, invisibilidade e marginalização em que vive a maior parte da sociedade" (Leroy *et al.*, 2002, p.8). Não se pode esquecer também que os custos ecológicos de hoje podem ser os custos sociais de amanhã e que "a degradação do ecossistema afeta mais fortemente as condições de vida dos menos favorecidos" (Pena-Vega, 2005, p.44).

Parece evidente que a destruição da variedade de vida encontrada nos ecossistemas, bem como a diminuição da complexidade desses ecossistemas, levam a um processo de instabilidade que provoca danos pela ação simplificadora do homem (Pena-Vega, 2005).

Portanto, há necessidade de formar "ambientalmente" profissionais que, por sua atividade, interfiram de alguma maneira na qualidade do meio ambiente, até porque, em última instância, é a qualidade do meio ambiente que vai garantir a qualidade de vida em uma sociedade mais justa.

A partir dessas reflexões iniciais, o presente artigo de revisão de literatura tem como objetivo discutir a relação da universidade, em especial dos cursos de formação de professores, com as questões ambientais.

A universidade e a formação ambiental: o panorama atual

A importância de uma formação que privilegie as questões ambientais não é novidade. Em todo o

³ As crises na sua origem podem ser motivadas por acontecimentos externos à realidade ou ao sistema que as acolhe, as afetam ou alteram seu funcionamento. A crise ambiental entraria nessa categoria: na situação de ruptura dos processos ecológicos básicos, como resultado inesperado do êxito de produção e reprodução da espécie humana, que na última fase, o processo civilizatório, tem sido capaz de aumentar exponencialmente tanto o número de indivíduos como o consumo e a quantidade de resíduos que produzem no planeta (Caride & Meira, 2001).

histórico da crise ambiental, a educação tem sido lembrada como uma dinâmica capaz de responder positivamente a essa problemática ao lado de outros meios políticos, econômicos, legais, científicos, éticos e técnicos (Lima, 2002). Nesse sentido, a universidade deve pensar seus valores e reorientar as atividades acadêmicas e de pesquisa para que essas, a partir de uma educação que seja ambiental, levem em conta a construção de um saber ambiental consistente. Em plena década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (2005-2014)⁴ (Unesco, 2004) e, em que pese a quantidade de discursos sobre o tema, todo o sistema formativo humano tem atuado de maneira muito tímida em relação a essa temática.

As recomendações relacionadas à inserção da formação ambiental nas universidades, e em especial nos cursos de formação de professores, são antigas, e a conferência de Tbilisi⁵ contribuiu para definir as relações das universidades com as questões ambientais. Na sua recomendação n.º 13 esclarece:

Considerando que as universidades - na sua qualidade de centro de pesquisa, de ensino e de pessoal qualificado no país - devem dar, cada vez mais, ênfase à pesquisa sobre educação formal e não-formal;

Considerando que a Educação Ambiental nas escolas superiores diferirá cada vez mais da educação tradicional, e se transmitirão aos estudantes os conhecimentos básicos essenciais para que suas futuras atividades profissionais redundem em benefícios para o meio ambiente, a conferência recomenda:

a) que se examine o potencial atual das universidades para o desenvolvimento de pesquisa;

b) que se estimule a aplicação de um tratamento interdisciplinar ao problema fundamental da correlação entre o homem e a natureza, em qualquer que seja a disciplina;

c) que se elaborem diversos meios auxiliares e manuais sobre os fundamentos teóricos da proteção ambiental (Dias, 2004, p.131).

O Seminário Regional de Educação Ambiental, acontecido em Budapest na Hungria, em 1983 (Sato, 2002) recomendou a discussão dos seguintes itens para implementação da Educação Ambiental nas Universidades:

- Definir os conceitos da educação ambiental nas universidades, considerando os aspectos culturais e naturais do planeta;
- Focalizar atenções para os trabalhos de campo, em níveis local e global;
- Definir os conceitos da educação ambiental;
- Promover a interdisciplinaridade e estabelecer normas para a implementação da educação ambiental numa perspectiva supradepartamental;
- Estabelecer programas de pós-graduação compatíveis com os programas das graduações (Sato, 2002, p.37).

A implementação desses itens na universidade auxiliaria a formação ambiental de professores, de maneira que possam construir um pensamento crítico, criativo e prospectivo, capaz de analisar as complexas relações entre processos naturais e sociais, para atuar no ambiente com uma perspectiva global, mas diferenciado pela realidade local (Leff, 2001).

A crise ambiental, atrelada à crise do conhecimento científico, exige um novo papel das universidades. Essas são hoje convocadas a assumirem um posicionamento reflexivo e crítico, a fim de se construir uma nova racionalidade que induza à transformação dos paradigmas científicos tradicionais, promova novos tipos de conhecimentos e integre diferentes saberes, com a participação da

⁴ Sob coordenação da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), essa iniciativa das Nações Unidas, instituída por resolução de sua Assembleia Geral, procura estabelecer um grande plano internacional de implementação de mudanças, tendo como referência os preceitos da Agenda 21 (Layrargues, 2004).

⁵ A Conferência de Tbilisi aconteceu na Geórgia (ex-URSS), em 1977. Ela estabeleceu os princípios orientadores da Educação Ambiental e reafirmou seu caráter interdisciplinar, crítico, ético e transformador. Considerada um prolongamento da Conferência de Estocolmo, esse encontro foi um marco e suas 41 recomendações contribuíram para especificar a Educação Ambiental, definindo seus objetivos, características e estratégias internacionais (Guimarães, 2004).

sociedade (Morales, 2007). Riojas (2006) alerta que a complexidade dos problemas ambientais supõe uma reconceitualização epistemológica, pedagógica e estrutural da universidade.

De acordo com Santos (2001, p.81), a universidade sempre foi acusada de raramente ter mobilizado os conhecimentos acumulados a favor dos problemas sociais. Hoje essa instituição precisa com urgência superar suas falhas e exercer seu papel social perante os problemas do mundo contemporâneo. E não os há em maior escala do que os problemas ambientais.

Para Morin (2001) a universidade conserva, memoriza, integra, ritualiza uma herança de saberes, valores, ideias, etc. Ela regenera essa herança ao reexaminá-la e atualizá-la, gerando assim saberes, ideias e valores que passam a fazer parte dessa herança. Não há ainda uma herança relacionada às questões ambientais.

É necessário reexaminar e atualizar alguns valores ambientais que são discutidos dentro da universidade. É necessário discutir também algumas práticas de formação de gestão, adotadas na universidade para que essa não caia na cilada do ditado “faça o que eu digo, mas não faça o que eu faço”.

Ainda para Morin (2001, p.81), no Século XIX, a universidade soube responder ao desafio do desenvolvimento das ciências, principalmente criando departamentos onde foram introduzidas as ciências modernas. A partir dessa departamentalização, “a Universidade faz com que coexistam - mas não que se comuniquem - as duas culturas: a das humanidades e a cultura científica”. Isso se torna um problema em relação à construção de um saber ambiental que não faz parte apenas das humanidades ou da cultura científica, faz sim, parte das duas ao mesmo tempo.

A universidade é para Riojas (2006) a institucionalização de uma racionalidade cognitiva e pragmática que na modernidade adquiriu uma especificidade particular.

simplificação da complexidade da realidade elevou-se a forma predominante de construção de objetos de conhecimento: assim a complexidade constitutiva do real, se desarticula para recortar campos de estudo mais específicos e simples (Riojas, 2006, p.219).

A realidade ambiental é complexa e talvez uma produção científica fragmentada, simplificada e desarticulada não dê conta dos desafios atuais.

Para Bursztyn (2004) a universidade, ao longo do Século XX, seguiu uma trajetória crescentemente especializante. Agora, no início do Século XXI, deve atentar para a revisão de sua trajetória, diante do desafio de cumprir seu papel de oferecer respostas às novas perguntas que o mundo real apresenta. Historicamente a universidade surge e evolui em contextos sociais com problemas muito diferentes dos atuais, pois hoje a complexidade ambiental lança novos desafios para essa estrutura (Riojas, 2006).

Bursztyn (2001) indica que, historicamente, a relação da universidade com as questões associadas ao meio ambiente foi muito difícil, pois essa dualidade e a organização por departamentos, característica histórica da estrutura universitária, tendem a valorizar as especificidades e deixar de lado as posições pluralistas. Muitas vezes as propostas interdisciplinares ficaram sem um local que as acolhesse. Assim, o tema meio ambiente, considerado como base para se enfrentar o desafio do desenvolvimento sustentável, chega à universidade a partir de contextos departamentalizados. Bursztyn (2001, p.14), o “adjetivo ambiental começa a aparecer acoplado a várias disciplinas: engenharia ambiental, direito ambiental, Educação Ambiental, sociologia ambiental, história ambiental [...]”, e essa adjetivação pode não dizer muita coisa se, embora coexistindo, essas disciplinas não se comunicarem.

Ainda de acordo com Bursztyn (2004) é necessário hoje que se inverta o processo de “superespecialização” das ciências na universidade, isso porque:

Com a modernidade e o encobrimento da ciência como paradigma dominante do conhecimento, a

após décadas de especialização, fragmentação, compartimentalização e auto-enclausuramento

das ciências disciplinarizadas, a questão ambiental suscita um movimento reverso de *desespecialização*. A própria natureza e complexidade dos problemas a serem tratados no universo dos temas ambientais exige que as competências a serem mobilizadas sejam amplas (p.70).

Para Rohde (2001) não mais é possível que ciências que sejam ambientais se espremam em vazios epistemológicos entre as ciências sociais e da natureza, apenas adjetivando disciplinas existentes. É necessário, como dito anteriormente, que esse saber construído seja interdisciplinar.

Embora a universidade “não pareça preparada para defrontar os desafios, tanto mais que esses apontam para transformações profundas e não para simples reformas parcelares” (Santos, 2001, p.187), e apesar do impacto desse surgimento departamentalizado, vê-se a introdução de uma educação voltada para o ambiente na universidade como uma prática indispensável para trabalhar valores e conceitos, além de desenvolver atitudes e aptidões para que graduandos possam adotar uma posição crítica e, ao mesmo tempo, participativa, em relação aos complexos problemas ambientais, firmando um compromisso com a melhoria da qualidade de vida de todos.

Noal (2003) indica que a universidade precisa reencontrar os valores perdidos ao longo da modernidade e, para isso, seria fundamental a mudança de postura política através da inserção de propósitos de regulação ética comprometidos com a reformulação do processo civilizatório em curso.

As instituições de ensino superior, sem dúvida, precisam se responsabilizar pela preparação das novas gerações para um futuro viável. Pela reflexão e por seus trabalhos de pesquisa básica, esses estabelecimentos podem não somente advertir, ou mesmo dar o alarme, mas também conceber soluções para os problemas ambientais, indicando possíveis alternativas, elaborando propostas (técnicas e educacionais) para o futuro. Ao fazer com que se tome consciência dos problemas e propondo soluções através de seus programas educativos poderão ser o exemplo. Acredita-se que os trabalhos desenvolvidos

dentro das instituições de ensino superior podem ter um grande efeito multiplicador, pois, cada estudante, convencido das boas ideias da sustentabilidade, influencia a sociedade nas mais variadas áreas de atuação (Kraemer, 2007).

Porém, isso não é tão simples assim. De acordo com Leff (2001), embora as universidades (e outras instituições formativas) gozem de uma autonomia formal, suas atividades acadêmicas são sempre afetadas pelos valores dominantes da sociedade na qual estão inseridas. Muitas vezes é o mercado que define vocações e cria interesses profissionais. Essa influência pode causar estímulo ou desestímulo acadêmico em incorporar o saber ambiental nas universidades e seus cursos.

Ainda de acordo com o autor, reorientar pesquisas, reelaborar conteúdos curriculares e métodos pedagógicos na perspectiva da sustentabilidade ambiental, implicam na construção de um saber ambiental e sua internalização nos paradigmas científicos e nas práticas docentes que prevalecem. O problema é que muitas vezes essa internalização não acontece, pois a formação ambiental fica à mercê da racionalidade econômica dominante.

Morin (2001) corrobora essa ideia quando diz que existe uma pressão adaptativa que leva a adequar o ensino e a pesquisa às demandas econômicas, técnicas e administrativas do momento. Observamos que o foco acaba sendo sempre a racionalidade econômica em detrimento de uma racionalidade ambiental.

A construção de uma racionalidade que não seja econômica, mas sim ambiental, exige:

A transformação dos paradigmas científicos tradicionais e a produção de novos conhecimentos, o diálogo, hibridação e interação de saberes, assim como a colaboração de diferentes especialidades, propondo a organização interdisciplinar do conhecimento (Leff, 2001, p.207).

Muitos programas de pesquisa, desenvolvidos nas universidades, são necessários para introduzir a prática da sustentabilidade e contribuir para a su-

peração da crise ambiental, mas muitos ainda se enquadram em paradigmas, métodos e técnicas comprometidos com o racionalismo empirista, o que confere ao ensino universitário uma propagação da formação que em nada contribui com o equacionamento dos problemas ambientais.

A LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº 9.394/96) no seu Capítulo IV, Artigo 43, que trata das finalidades do ensino superior, enuncia oito incisos que contêm as finalidades desse nível de educação. Nenhum deles deixa explícito algo na área ambiental, porém, o segundo inciso revela que a educação superior tem por finalidade “formar diplomados nas diferentes áreas de conhecimento, aptos para a inserção em setores profissionais e para a participação no desenvolvimento da sociedade brasileira [...]” (Brasil, 1996). Resta saber a que tipo de desenvolvimento o artigo se refere.

A partir dos levantamentos relacionados ao papel da universidade na formação ambiental, percebemos que são necessárias reformas em todos os níveis da estrutura universitária. Para subsidiar os debates sobre essas mudanças alguns autores indicam qual deveria ser o papel da universidade na formação ambiental da população.

A Universidade e a formação ambiental: um novo olhar

Com base na constatação da inércia universitária, Morin (2001) defende uma reforma da universidade. Essa reforma, como pretendida pelo autor, deverá incluir uma reorganização geral para a instauração de faculdades, departamentos, etc. destinados às ciências que já realizaram uma união em torno de um núcleo organizador sistêmico, que pode ser Ecologia, Ciências da Terra e Cosmologia. Para Morin (2001, p.83):

A Ecologia científica, as ciências da Terra, a Cosmologia são efetivamente ciências que tem por objeto não uma área ou um setor, mas um sistema complexo: o ecossistema e, mais amplamente a biosfera, para a Ecologia; o sistema

Terra, para as ciências da Terra; e a estranha propensão do Universo a formar e destruir sistemas galáxicos e solares, para a Cosmologia.

Morin (2001) imagina também que nessa reforma seja possível criar, em cada universidade, um centro de pesquisas sobre os problemas da complexidade e da transdisciplinaridade. O surgimento de programas de reflexão interdisciplinar nas universidades põe em destaque as questões ambientais, dando a elas um tratamento epistemológico complexo que é importante para a formação de pessoas que contribuam, de alguma maneira, com o equacionamento da crise ambiental. Também acreditamos que a formação universitária deve possibilitar a emergência de um educador que atue a partir de novas premissas.

A educação, em especial a universitária, deve assumir a sua responsabilidade, para que a Educação Ambiental seja incorporada à educação geral, começando pela infantil. É preciso que os professores sejam primeiramente formados em outras bases, com uma percepção que ultrapasse a manipulação de conteúdos ecológicos. Nem é lógico exigir que um professor trabalhe ideias, conceitos, valores, habilidades e atitudes que colaborem com a formação de uma sociedade ambientalmente responsável, se ele não foi assim formado e nem recebeu uma formação continuada para isso.

Castro (2000) nos diz que a universidade, como espaço institucional de relevância para a produção do saber e que, por isto mesmo, deveria estar à frente das transformações, evolui lentamente, não exercendo o seu papel no sentido de propiciar a mudança da realidade socioambiental. Para esse autor, a universidade deve deixar de ser o lugar do “saber pelo saber” e congrega, em suas pesquisas, a busca de soluções socioambientais de curto, médio e longo prazo, pois a demora da produção do conhecimento e da passagem desse conhecimento para outros pode ser decisiva no sentido de prejuízos às novas gerações.

Este fato torna-se mais comprometedor em relação à formação de professores, profissionais que

irão trabalhar na transmissão e na divulgação de informações junto a outros seres humanos. Não resta dúvida que a universidade é um local privilegiado para contribuir com a mudança da realidade ambiental. Segundo Morales (2007, p.284):

A universidade, como instituição de investigação e centro de educação técnica e superior, tem papel essencial na reconfiguração de mundo e, portanto, deve assumir a responsabilidade maior no processo de produção e incorporação da dimensão ambiental nos sistemas de educação e formação profissional. Deve também propiciar aos profissionais educadores ambientais, fundamentos teórico-práticos indispensáveis para compreender, analisar, refletir e reorientar seu fazer profissional numa perspectiva ambiental.

Outra referência sobre o papel da universidade na formação de cidadãos é de Gil Mora, citado por Sorrentino (1995, p.43), quando revela que:

Ante esta crítica situação, a alternativa que temos deve por um lado consolidar as políticas ambientais que devem conduzir para um planejamento do desenvolvimento integral que interprete os objetivos da sociedade, e por outro, deve incorporar a dimensão ambiental nos processos de formação dos homens desde sua mais tenra idade através dos diversos modos, formas e níveis educativos dentro de uma ampla concepção de educação contínua e permanente. Aqui a universidade tem um papel importante a cumprir.

Novo Villaverde (1999), alerta que a universidade enquanto formadora de profissionais que vão ter uma influência sobre os modelos de desenvolvimento, deveria participar mais da busca de soluções para os problemas ambientais. Diz ainda que a universidade deve assumir a responsabilidade de formar pessoas capazes de interpretar os problemas socioambientais e elaborar respostas pertinentes aos mesmos. Assim, ela deveria ser mais que um lugar para a simples criação de conhecimento, indo além da simples atividade acadêmica. Ainda para Novo Villaverde (1999, p.55):

[...] a Educação Ambiental universitária coloca-se hoje, de forma prioritária, com o objetivo de revisar

os modelos éticos, científicos e tecnológicos que regem as atuações humanas sobre o meio ambiente, a fim de contribuir com a reorientação das políticas de investigação e desenvolvimento utilizando modelos baseados na sustentabilidade.

Para Leff (2002) o que a problemática ambiental propõe às universidades (quanto à formação de recursos humanos) transcende a criação de um espaço formado pela integração das disciplinas tradicionais. A incorporação do saber ambiental vai além de um requerimento de atualização dos currículos universitários. O saber ambiental constrói-se "por um conjunto de processos de natureza diferente, cuja diversidade de ordens ontológicas, de racionalidades, de interesses e de sentidos não pode estar contida num modelo global, por mais holístico e aberto que este seja" (p.164).

Para o autor, cada ciência, cada disciplina, impõem suas condições teóricas e institucionais para produção e internalização de um saber ambiental, num processo desigual e heterogêneo. O que pode ser comum a todas é a necessidade da elaboração de métodos pedagógicos para a transmissão desse saber ambiental e a busca de métodos interdisciplinares, capazes de integrar a percepção fragmentada que temos do mundo.

Assim, pensar na formação de licenciando, direcionada ao campo da Educação Ambiental, vai exigir das instituições formadoras a superação do paradigma dominante e das fragilidades impostas por este.

Para Tozzoni-Reis (2001), se a Educação Ambiental tornou-se importante nas discussões sobre a relação dos homens com o ambiente, nos cursos de graduação isso não é diferente e esse tema tem ocupado cada vez mais espaço. Estamos formando nesses cursos (principalmente nas licenciaturas), mesmo que de forma assistemática, profissionais que atuarão direta ou indiretamente como educadores ambientais. Podemos perguntar então, qual é o tipo de formação que estamos oferecendo nessas graduações e qual é o campo teórico que fundamenta essa formação?

O Artigo 9º, Parágrafo Único da Lei nº 9.795/99 sobre Educação Ambiental dispõe "que os

professores em atividade devem receber formação complementar em suas áreas de atuação, com o propósito de atender adequadamente ao cumprimento dos princípios e objetivos da Política Nacional de Educação Ambiental" (n/p). Já o artigo 2º da mesma Lei indica que a Educação Ambiental é "um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal"(n/p), indicando assim a importância da formação na área.

Indo mais longe, não é lógico também que se exijam de outros profissionais atitudes que considerem essa complexidade dos sistemas se eles também não foram assim formados. Como exigir de um engenheiro preocupações com materiais naturais, planejamento ecológico, impacto ambiental local e global, se os valores considerados pela sociedade estão centrados na relação custo - benefício, apenas no que se refere aos aspectos econômicos? Como diz Molero (1999) "Como é que se pretende integrar a Educação Ambiental na escola sem preparar antes os professores e sem conscientizar os pais e os políticos?" (p.87). Para Tozoni-Reis (2001, p.44):

A prática educativa ambiental, desenvolvida pelos educadores formados nos cursos de graduação, traz, em sua formação, condicionantes sócio-históricas. A complexa relação entre sociedade e educação define o cenário da formação dos educadores. Desta forma, não se pode pensar a formação dos educadores - e a formação dos educadores ambientais - como solução definitiva para os problemas socioambientais.

Em relação a esse problema, ressalta-se Carvalho (2001) que indica que, muitas vezes, a contribuição do processo educativo para as mudanças almejadas é de tal forma supervalorizada que leva facilmente à idealização ou à mistificação. Como alerta o autor, existem limites e reais possibilidades do processo educativo como um dos caminhos para o enfrentamento da crise ambiental. Porém, mesmo considerando-se que a educação sozinha não dê cabo dos problemas ambientais, ela

é, a médio prazo, a estratégia principal na construção e implementação de princípios que possam formar cidadãos e professores com outra subjetividade ambiental. Mas temos que superar a formação meramente técnica e instrumental dos graduandos na universidade.

De acordo com Leff (2001), a educação relativa ao ambiente concebe-se muitas vezes apenas como um treinamento em proteção ambiental ou uma instrução que dê base para um comportamento responsável em relação à natureza. Segundo o autor, isso não basta e atualmente são incipientes os programas de formação ambiental "orientados para construção de uma racionalidade alternativa, capaz de promover, mobilizar e articular os processos naturais, tecnológicos e sociais que abram as opções para outro desenvolvimento" (p.205).

Retomando as ideias de Tozoni-Reis (2001, p.45), atualmente:

A formação dos educadores ambientais no ensino superior se dá de forma assistemática, resumindo-se praticamente a três tipos de ação desconectada: tratamento de temas ambientais nas disciplinas afins, disciplinas optativas de Educação Ambiental e formação educativopedagógica - nas diferentes especialidades - oferecida pelas disciplinas da área de Educação nas licenciaturas.

Assim, pode-se considerar que existe a presença da temática ambiental em algumas atividades nas licenciaturas, porém, ainda não há, de acordo com a autora, muitas oportunidades de reflexão sobre as diferentes concepções de relação homem-natureza.

Um outro conceito que se pode apresentar, e que está relacionado com a formação (equivocada) de professores em relação à temática ambiental, é a dispedagogia ambiental. Para Gouvêa (2006) a dispedagogia ambiental é "uma das consequências do processo equivocado da formação de professores sem o compromisso com a ação emancipatória e com a ética da profissionalidade e da autonomia" (p.5).

Gouvêa (2006) aponta ainda que a *dispedagogia ambiental* pode ser entendida como a fal-

ta de um projeto educacional que enfatize a importância dos aspectos político, social, cultural, teórico e prático da educação na construção do entendimento da complexidade ambiental. Isso faz com que o professor acredite que se ele desenvolver atividades pontuais, desvinculadas da realidade sociocultural (coleta seletiva, horta etc.) em algumas aulas, já estará trabalhando Educação Ambiental. Assim, a dispedagogia ambiental:

Faz com que a Educação Ambiental perca suas finalidades, descaracterizando-se enquanto processo educativo permanente e contínuo, uma vez que se torna acrítica e reprodutora, deixando de lado tanto os fundamentos da pedagogia que busca responder aos desafios de nosso tempo, como os fundamentos da própria Educação Ambiental, que visa fomentar novas atitudes críticas e éticas nos indivíduos e na coletividade (p.6).

Pode-se considerar aqui que é importante a formação de professores capazes de promover mudanças nas escolas onde atuam. Assim, a formação de professores que privilegie a construção de um saber ambiental deve acontecer numa perspectiva crítica e emancipatória, atrelada a referenciais teóricos que explicitem a complexidade da Educação Ambiental.

Hoje, pela urgência dos problemas ambientais, talvez seja necessário que as universidades e os cursos de formação de professores institucionalizem, num primeiro momento, a Educação Ambiental como disciplina, e se preocupem também em incluir a dimensão ambiental em todo o currículo.

Mesmo parecendo essa inclusão (Educação Ambiental como disciplina curricular) contraditória em relação a alguns princípios discutidos (como o da transdisciplinaridade) e a Lei 9795/99 que no seu artigo 10 diz que “a Educação Ambiental não deve ser implantada como disciplina específica no currículo de ensino” (Brasil, 2009), a inclusão da área como disciplina pode institucionalizar um importante debate para formação dos futuros professores de biologia. Além disso, a mesma Lei indica que “nos cursos de

pós-graduação, extensão e nas áreas voltadas aos aspectos metodológicos da Educação Ambiental, quando se fizer necessário, é facultada a criação de disciplina específica.” (Brasil, 2009). Aqui opta-se pela crença de que a formação do professor de biologia necessita desses “aspectos metodológicos” já que muitas vezes os professores são cobrados por competências que não desenvolveram em sua formação.

Hoje percebe-se que aquilo que ficou a cargo de todos acabou não sendo feito por ninguém, assim, acredita-se que uma disciplina organizaria as discussões epistemológicas necessárias para formação de futuros professores. Constatam-se as limitações do saber disciplinar, porém, há de se ponderar também que as dificuldades enfrentadas pelo saber disciplinar na compreensão de mundo (e dos problemas ambientais mundiais) são dificuldades postas à concepção positivista de conhecimento, assim, a superação fundamental não é a da matriz disciplinar, mas a do paradigma positivista (Macedo, 1999).

O mundo vem percebendo os limites da extrema especialização em todas as áreas. Para Macedo (1999), as disciplinas científicas tradicionais tornaram-se incapazes de atuar, levando à criação de novas especialidades híbridas. Além disso, as fronteiras entre as ciências naturais e sociais vêm sendo muito questionadas, bem como a fronteira entre conhecimento científico e senso comum. A criação de disciplinas que agreguem conhecimentos de várias disciplinas (e de áreas distintas) pode auxiliar na compreensão da realidade ambiental, além de fundamentar teoricamente o futuro professor para seu trabalho junto aos estudantes de ensino médio.

Num primeiro momento, nos cursos de graduação e pós-graduação, uma das maneiras de incluir a dimensão ambiental na formação de futuros professores seria incluí-la inicialmente como disciplina. No Brasil existem vários exemplos dessa inclusão, nas quais se podem confluir os debates necessários à formação de um professor crítico, que pense a realidade socioambiental como um processo de construção social.

Para finalizar, considere-se que alguns enfoques curriculares devem estar presentes na discussão sobre o papel das universidades em relação à incorporação da dimensão ambiental. Para Santos & Sato (2003), esses enfoques envolvem:

a) *um eixo de formação epistemológica*, que fortaleça a capacidade dos estudantes para interpretar suas realidades (global-local) e construir os conhecimentos fundamentais da área;

b) *um eixo de formação crítico-social*, favorecendo a compreensão da complexidade ambiental e de seus problemas com bases políticas, históricas, sociais e culturais e a relação do pensamento complexo com a realidade local, entendendo a influência do pensamento linear-fragmentado na construção de ações que não considerem o todo;

c) *um eixo de formação ecológico-ambiental*, que proporcione o conhecimento das bases das dinâmicas e dos processos vitais da natureza, com o cuidado de não cair novamente no reducionismo de considerar que uma Educação Ambiental é apenas uma educação ecológica;

d) *um eixo de formação pedagógica*, que auxilie os estudantes a construir um novo discurso como professores, para intervenção local, com estratégias educativas que proporcionem a formação de sujeitos críticos capazes de participação e de formação de outros sujeitos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inserção de uma educação ambiental complexa nas universidades, como estratégia para construção de um saber ambiental pode contribuir com a formação de professores, no sentido em que fomenta saberes necessários para entender a complexidade da realidade e para estimular ações transformadoras que promovam uma sustentabilidade ambiental e social.

Pensar a formação de professores, como educadores ambientais, nos cursos de graduação

(licenciaturas) das universidades, significa ter como referência a ideia de totalidade (ambiental, política, pedagógica, social, científica, etc.) na diversidade que essas áreas possuem. Significa combinar elementos epistemológicos, críticos, ambientais e pedagógicos, que promovam uma formação capaz de aprender os conhecimentos globais para neles inserir os conhecimentos locais.

Uma dificuldade para inserção complexa da temática ambiental nas universidades reside no fato de que não é possível mudar as universidades sem que se modifiquem as pessoas que nela atuam. Historicamente a universidade conseguiu atuar na realidade que lhe era apresentada em cada época. Conseguiu pensar e agir no sentido de equacionar os problemas que lhe eram contemporâneos.

O futuro é desconhecido, e aquilo que não se sabe é maior do que aquilo que se conhece. Hoje, uma reforma na universidade significaria uma reforma no conceber e atuar no mundo, buscando, entre outras coisas, uma formação de professores capazes de enfrentar o desconhecido desafio da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

Brasil. Ministério da Educação. (1996). *Lei de diretrizes e bases da educação nacional*. Lei nº9.394, de 20 de dezembro de 1996. São Paulo: Secretaria de Estado da Educação.

Brasil. Ministério da Educação. (2005). *Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. (acesso: out. 2007).

Brasil. Lei nº 9.795 de 27/04/99 sobre educação ambiental. *Diário Oficial da União*, 2009. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9795.htm>. (acesso: 1 fev. 2009).

Bursztyn, M. (Org.). (2001). *Ciência, ética e sustentabilidade: desafios ao novo século*. São Paulo: Cortez.

Bursztyn, M. (2004). Meio ambiente e interdisciplinaridade: desafios ao mundo acadêmico. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n.10, p.67-76. Disponível em: <www.scielo.br>. (acesso: jul. 2008).

- Carvalho, L.M.A. (2001). Educação ambiental e a formação de professores In: Brasil. Secretaria de Educação Fundamental. *Panorama da educação ambiental no ensino fundamental*. Brasília: MEC.
- Castro, R.S. (2000). Universidade, meio ambiente e parâmetros curriculares nacionais. In: Loureiro, C.F.B.; Layrargues, P.P. & Castro, R.S. (Org.). *Sociedade e meio ambiente: a educação ambiental em debate*. São Paulo: Cortez.
- Dias, G.F. (2004). *Educação ambiental: princípios e práticas*. São Paulo: Gaia.
- Gouvêa, G.R.R. (2006). Rumos da formação dos professores para educação ambiental. *Revista Educar*, (27):163-79. Disponível em: <www.scielo.br>. (acesso: 5 jan. 2009).
- Guimarães, M. (2004). *A formação de educadores ambientais*. Campinas: Papirus.
- Kraemer, M.E.P. *Responsabilidade social: uma alavanca para sustentabilidade*. Disponível em: <<http://www.gestaoambiental.com.br>>. (Acesso: nov. 2007).
- Layrargues, P.P. (2004). *Identidades da educação ambiental brasileira*. Brasília: MMM.
- Leff, E. (2001). *Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade e poder*. Petrópolis: Vozes.
- Leff, E. (2002). *Epistemologia ambiental*. 2ª ed. São Paulo: Cortez.
- Leroy, J-P.; Bertucci, A.A.; Acselrad, H.; Pádua, J.A. & Schlesinger, S. (2002). *Tudo ao mesmo tempo agora: desenvolvimento, sustentabilidade, democracia: o que isso tem a ver com você?* Petrópolis: Vozes.
- Lima, G.F.C. (2002). Crise ambiental, educação e cidadania: os desafios da sustentabilidade emancipatória. In: Loureiro, C.F.B. Layrargues, P.P. & Castro, R.S. (Org.). *Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania*. São Paulo: Cortez.
- Macedo, E.F. (1999). Parâmetros curriculares nacionais: a falácia de seus temas transversais. In: Moreira, A.F.B. (Org.). *Currículo: políticas e práticas*. Campinas: Papirus.
- Molero, F.M. (1999). *Educación ambiental*. Madri: Síntesis.
- Morales, A. G. M. (2007). O processo de formação em educação ambiental no ensino superior: trajetória dos cursos de especialização. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental da Fundação Universidade Federal do Rio Grande*, 18(1). Disponível em: <<http://www.remea.furg.br/indvol18.php>>. (acesso: 25 mar. 2008).
- Morin, E. (1990). *Introdução ao pensamento complexo*. 2ª ed. Lisboa: Instituto Piaget.
- Morin, E. (2001). *A cabeça bem-feita*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Noal, F.O. (2003). Ciência e interdisciplinaridade: interfaces com a educação ambiental. In: Santos, J.E. & Sato, M.A. (2003). *Contribuição da educação ambiental a esperança de pandora*. São Paulo: RiMa.
- Novo Villaverde, M. (1999). El análisis de los problemas ambientales: modelos y metodologías. In: Novo Villaverde, M. & Lara, R. (Org.). *El análisis interdisciplinar de la problemática ambiental I*. Ciudad del México: Unesco.
- Pena-Vega, A. (2005). *O despertar ecológico: Edgar Morin e a ecologia complexa*. Rio de Janeiro: Garamond.
- Riojas, J. (2006). A complexidade ambiental na Universidade. In: Leff, E. *A complexidade ambiental*. São Paulo: Cortez.
- Rohde, G.M. (2001). Mudanças de paradigma e desenvolvimento sustentado. In: Cavalcanti, C. *Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável*. 3ª ed. São Paulo: Cortez.
- Santos, B.S. (2001). *Pela mão de Alice: o social e o político na pós-modernidade*. São Paulo: Cortez.
- Sato, M. (2002). *Educação ambiental*. São Carlos: RiMa.
- Sato, M. & Santos, J.E. (2003). Tendências nas pesquisas em educação ambiental. In: Noal, F. & Barcelos, V. (Org.). *Educação ambiental e cidadania: cenários brasileiros*. Santa Cruz do Sul: EDUNISC.
- Sorrentino, M. (1995). *Educação ambiental e universidade: um estudo de caso*. Tese, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- Tozoni-Reis, M.F.C. (2001). Educação ambiental: referências teóricas no ensino superior. *Interface*, 5(9):35-50. Disponível em: <www.scielo.br>. (acesso: 10 maio 2009).

Recebido em: 7/4/2011

Aprovado em: 10/6/2011

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

A Revista *Bioikos* publica trabalhos científicos originais, artigos de revisão e comunicações científicas relacionados às diversas áreas da Biologia. A partir de 2010, a *Bioikos* foi subdividida em grandes áreas temáticas para publicação, com Editores Associados específicos para cada área, que foram assim definidas:

▪ **Biologia Molecular**, que contempla:

- Biologia Celular
- Fisiologia e Farmacologia
- Bioquímica e Biofísica
- Genética e Biologia Molecular

▪ **Ambiental**, que contempla:

- Botânica
- Ecologia
- Zoologia
- Recursos Pesqueiros

▪ **Ensino**, que contempla:

- Educação, Sociedade e Ambiente
- Ensino de Ciências e Biologia

Portanto, é solicitado que os autores, ao encaminhar o manuscrito, definam a grande área temática e a subárea contemplada.

PROCEDIMENTOS EDITORIAIS

1. Avaliação de manuscritos

Os manuscritos submetidos à revista, que atenderem à política editorial e às instruções aos autores, são pré-selecionados pelos editores, que consideram o mérito científico da contribuição. Caso contrário, são devolvidos para adequação às normas, inclusão de carta ou de outros documentos eventualmente necessários.

Recomenda-se fortemente que o(s) autor(es) busque(m) assessoria linguística profissional (revisores e/ou tradutores certificados em língua portuguesa e inglesa) antes de submeter(em) originais que possam conter incorreções e/ou inadequações morfológicas, sintáticas, idiomáticas ou de estilo.

Originais identificados com incorreções e/ou inadequações morfológicas ou sintáticas são devolvidos antes mesmo de serem

submetidos à avaliação quanto ao mérito do trabalho e à conveniência de sua publicação.

Aprovados nesta fase, os manuscritos são encaminhados aos revisores *ad hoc* selecionados pelos editores. Cada manuscrito é enviado para dois revisores de reconhecida competência na temática abordada. Em caso de desacordo, o original é enviado para uma terceira avaliação.

O processo de avaliação por pares é o sistema de *blind review*, em procedimento sigiloso quanto à identidade tanto dos autores quanto dos revisores. Por isso, os autores devem empregar todos os meios possíveis para evitar a identificação de autoria do manuscrito.

No caso da identificação de conflito de interesse por parte dos revisores, o Comitê Editorial encaminha o manuscrito a outro revisor *ad hoc*.

Os pareceres dos consultores comportam três possibilidades: a) aceitação integral; b) aceitação com reformulações; c) recusa integral. Em qualquer desses casos, o autor é comunicado. A decisão final sobre a publicação ou não do manuscrito é sempre dos editores, aos quais é reservado o direito de efetuar os ajustes que julgarem necessários. Na detecção de problemas de redação, o manuscrito é devolvido aos autores para as alterações devidas; o trabalho reformulado deve retornar no prazo máximo determinado.

Manuscritos aceitos: manuscritos aceitos podem retornar aos autores para aprovação de eventuais alterações, no processo de editoração e normalização, de acordo com o estilo da revista.

Provas: são enviadas provas tipográficas aos autores para a correção de erros de impressão. As provas devem retornar ao Núcleo de Editoração na data estipulada. Outras mudanças no manuscrito original não são aceitas nesta fase.

2. Submissão de trabalhos

Os autores devem indicar, obrigatoriamente, no momento da submissão, o nome de três revisores com as respectivas informações profissionais e de contato.

São aceitos trabalhos acompanhados de carta assinada por todos os autores (assinaturas originais ou eletrônicas), com descrição do tipo de trabalho, declaração de que o trabalho está sendo submetido apenas à *Bioikos* e de concordância com a cessão de direitos autorais. A carta deve indicar nome, endereço, números de telefone e *e-mail* do autor para o qual a correspondência deve ser enviada.

Caso haja utilização de figuras ou tabelas publicadas em outras fontes, deve-se anexar documento que ateste a permissão para seu uso.

Enviar quatro cópias do manuscrito, que deve ser formatado com espaço 1,5 entrelinhas e fonte arial tamanho 11, para o Núcleo de Editoração da revista, acompanhadas de cópia CD-ROM ou DVD.

O arquivo deve ser gravado em editor de texto similar ou superior à versão 97-2003 do *Word (Windows)*. O(s) nome(s) autor(es) e do arquivo devem estar indicados no rótulo do CD-ROM ou DVD.

3. Estrutura do artigo

A Revista *Bioikos* publica artigos nas categorias originais, de revisão e notas científicas. A publicação pode ser em português, espanhol ou inglês e o texto deve ter de 15 a 20 laudas. As folhas devem ter numeração personalizada desde a folha de rosto (que deve apresentar o número 1). O papel deve ser de tamanho A4, com formatação de margens superior e inferior (no mínimo 2,5cm), esquerda e direita (no mínimo 3,0cm).

Os artigos (originais, nota científica) devem ter, aproximadamente, trinta referências, exceto no caso de artigos de revisão, que podem apresentar em torno de cinquenta.

Todas as páginas devem ser numeradas a partir da página de identificação. Para esclarecimentos de eventuais dúvidas quanto à forma, sugere-se consulta a este fascículo.

Versão reformulada: a versão reformulada deve ser encaminhada em três cópias completas, em papel e em disquete ou CD-ROM etiquetado, indicando o número do protocolo, o número da versão, o nome dos autores e o nome do arquivo. O(s) autor(es) deve(m) enviar apenas a última versão do trabalho.

O texto do artigo deve empregar fonte colorida (cor azul) para todas as alterações, juntamente com uma carta ao editor, reiterando o interesse em publicar nesta revista e informando quais alterações foram processadas no manuscrito. Se houver discordância quanto às recomendações dos revisores, o(s) autor(es) deve(m) apresentar argumentos que justifiquem sua posição. O título e o código do manuscrito devem ser especificados.

A página do título deve conter:

- a. Título completo - deve ser conciso, evitando excesso de palavras, como "avaliação do...", "considerações acerca de...", "estudo exploratório...";
- b. *Short title* com até quarenta caracteres (incluindo espaços), em português (ou espanhol, caso seja o idioma do artigo) e inglês;
- c. Nomes de todos os autores por extenso, indicando a filiação institucional de cada um. Será aceita uma única titulação e filiação por autor. O(s) autor(es) deve(m), portanto, escolher entre suas titulações e filiações institucionais aquela que julgar(em) a mais importante.
- d. Todos os dados da titulação e da filiação devem ser apresentados por extenso, sem siglas.
- e. Indicação dos endereços completos de as universidades às quais estão vinculados os autores;
- f. Indicação de endereço para correspondência com o autor para a tramitação do original, incluindo fax, telefone e endereço eletrônico;

Observação: esta deverá ser a única parte do texto com a identificação dos autores.

Resumo: todos os artigos submetidos em português ou espanhol devem ter resumo no idioma original e em inglês, com um mínimo de 150 palavras e máximo de 250 palavras. Os artigos submetidos em inglês devem vir acompanhados de resumo em português, além do *abstract* em inglês. Os resumos devem destacar os objetivos, a metodologia, informação sobre o local, população e amostragem da pesquisa, resultados e conclusões mais relevantes, considerando os objetivos do trabalho e indicando formas de continuidade do estudo. O resumo não deve conter citações, siglas e abreviaturas. Destacar no mínimo três e no máximo seis palavras-chave.

Texto: com exceção dos manuscritos apresentados como artigo de revisão e nota científica, os trabalhos devem seguir a estrutura formal para trabalhos científicos:

- **Introdução:** deve conter revisão da literatura atualizada e pertinente ao tema, adequada à apresentação do problema e que destaque sua relevância. Não deve ser extensa, a não ser em manuscritos submetidos como artigo de revisão.

- **Material e Métodos:** deve conter descrição clara e sucinta do método empregado, acompanhada da correspondente referência bibliográfica, incluindo procedimentos adotados, universo e amostra; instrumentos de medida e, se aplicável, método de validação; tratamento estatístico. Em relação à análise estatística, os autores devem demonstrar que os procedimentos utilizados foram não somente apropriados para testar as hipóteses do estudo, mas também corretamente interpretados. Os níveis de significância estatística (ex. $p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$) devem ser mencionados. Ao relatar experimentos com animais, indicar se as diretrizes de conselhos de pesquisa institucionais ou nacionais - ou se qualquer lei nacional relativa aos cuidados e ao uso de animais de laboratório - foram seguidas, e fornecer o número do processo.

- **Resultados:** sempre que possível, os resultados devem ser apresentados em tabelas ou figuras, elaboradas de forma que sejam autoexplicativas e com análise estatística. Deve-se evitar repetir dados no texto. Tabelas, quadros e figuras devem ser limitados a cinco no conjunto e numerados consecutiva e independentemente com algarismos arábicos, de acordo com a ordem de menção dos dados; devem vir em folhas individuais e separadas, com indicação de sua localização no texto. É imprescindível a informação do local e ano do estudo. A cada um deve-se atribuir um título breve. Os quadros e tabelas devem ter as bordas laterais abertas. O(s) autor(es) responsabiliza(m)-se pela qualidade das figuras (desenhos, ilustrações, tabelas, quadros e gráficos), que devem permitir redução sem perda de definição para os tamanhos de uma ou duas colunas (7,6 e 16,2cm, respectivamente). Não é permitido o formato paisagem. **Figuras digitalizadas** devem ter extensão JPEG e resolução mínima de 300 dpi. A publicação de **imagens coloridas**, após avaliação da viabilidade técnica de sua reprodução, é custeada pelo(s) autor(es). Em caso de manifestação de interesse por parte do(s) autor(es), a *Bioikos* providencia um orçamento dos custos envolvidos, que podem variar de acordo com o número de imagens, a distribuição em páginas diferentes e a publicação concomitante de material em cores por parte de outro(s) autor(es). As **figuras** deverão ser enviadas em impressão de alta qualidade, em preto-e-branco e/ou diferentes tons de cinza e/ou hachuras. É necessário o envio dos **gráficos**, separadamente,

em arquivos no formato WMF (*Windows Metafile*) e no formato do programa em que foram gerados (SPSS, Excel), acompanhados de seus parâmetros quantitativos, em forma de tabela e com nome de todas as variáveis. As **imagens de satélite** e **fotografias** devem ser submetidas nos seguintes tipos de arquivo: TIFF (*Tagged Image File Format*) ou BMP (Bitmap). A resolução mínima deve ser de 300dpi (pontos por polegada), com tamanho mínimo de 16,2cm de largura. Uma vez apresentado ao(s) autor(es) o orçamento dos custos correspondentes ao material de seu interesse, este(s) deve(m) efetuar depósito bancário. As informações para o depósito são fornecidas oportunamente.

- **Discussão (este tópico pode ser apresentado com o tópico Resultados)**: deve explorar adequada e objetivamente os resultados, discutidos à luz de outras observações já registradas na literatura.

- **Conclusão**: deve apresentar as conclusões relevantes, considerando os objetivos do trabalho, e indicar formas de continuidade do estudo. Não são aceitas citações bibliográficas nesta seção.

- **Agradecimentos**: pode existir uma seção de agradecimentos, em parágrafo não superior a três linhas, dirigidos a instituições ou indivíduos que tenham prestado efetiva colaboração para o trabalho.

- **Nome científico**: o nome científico completo de uma espécie deve ser mencionado nas legendas das ilustrações (figuras, tabelas e quadros), na *abstract*, resumo e introdução; posteriormente, o nome genérico deve ser abreviado.

- **Anexos**: devem ser incluídos apenas quando imprescindíveis à compreensão do texto. Cabe aos editores julgar a necessidade de sua publicação.

- **Abreviaturas e siglas**: devem ser utilizadas de forma padronizada, restringindo-se apenas àquelas usadas convencionalmente ou sancionadas pelo uso, acompanhadas do significado, por extenso, na primeira citação no texto. Não devem ser usadas no título e no resumo.

- **Referências**: devem ser relacionadas alfabeticamente, no final do texto, pelos sobrenomes dos autores e cronologicamente por autor. No caso de publicações com dois autores, até o limite de seis, citam-se todos; acima de seis autores, citam-se os seis primeiros, seguido de *et al.* Os títulos dos periódicos devem ser referidos por extenso. Não são aceitas citações/referências de monografias de conclusão de curso de graduação, de resumos de trabalhos de congressos, simpósios, *workshops*, encontros, entre outros, bem como de textos não publicados (exemplos, aulas, entre outros). Citações de dissertações e teses devem ser evitadas ao máximo. Se um trabalho não publicado de autoria de um dos autores do manuscrito for citado (ou seja, um artigo *in press*), é necessário incluir a carta de aceitação da revista que publicará o referido artigo. Se dados não publicados obtidos por outros pesquisadores forem citados no manuscrito, é necessário incluir uma carta de autorização do uso dos mesmos por seus autores.

- **Citações no texto**: devem constar na lista de referências. Citar o sobrenome do autor, seguido do ano de publicação, como em Rocha (2008); se forem dois autores, o último sobrenome de

ambos separados por &, como em Santos & Martins (2008); e se forem três ou mais autores, o sobrenome do primeiro autor seguido de *et al.* e do ano da publicação, como em Rafael *et al.* (2008). As citações devem ser separadas por ponto e vírgula e em ordem cronológica, como no exemplo: (Santos, 2003; Almeida *et al.*, 2004; Oliveira & Rocha, 2006). A exatidão e a adequação das referências a trabalhos que tenham sido consultados e mencionados no texto do artigo são de responsabilidade do autor.

- Exemplos de referências

Periódico

Dois autores

Thatcher, V.E. & Brasil-Sato, M.C. (2008). *Ergasilussalmini* sp. nov. (Copepoda: Ergasilidae) a branchial parasite of "dourado", *Salminus franciscanus* from the upper São Francisco River, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 25(3):555-7.

Mais de dois autores

Rafael, J.A.; Silva, N.M. & Dias, R.M.N.S. (2008). Baratas (Insecta, Blattaria) sinantrópicas na cidade de Manaus, Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica*, 38(1):173-8.

Livro

Ângelo, C. & Mayr, E. (2008). *Isto é biologia: a ciência do mundo vivo*. São Paulo: Companhia das Letras.

Mais de dois autores

Alberts, B.; Bray, D.; Lewis, J.; Johnson, A.; Raff, M.; Roberts, K. et al. (2007). *Fundamentos da biologia celular*. 2.ed. Porto Alegre: Artmed.

Capítulo de Livro

Alterthum, F. (2005). Crescimento bacteriano. In: Trabulsi, L.R. & Alterthum, F. *Microbiologia*. 4. ed. São Paulo: Atheneu. Biblioteca Biomédica.

Dissertações e Teses

Silva, A.B. (2008). *Planejamento experimental e modelagem estatística do efeito do uso do lodo de esgoto em solos*. Dissertação em Desenvolvimento de Processos Ambientais, Universidade Católica de Pernambuco.

Trabalhos apresentados em congressos e similares

Tubino, R.A.; Paes, E.T. & Monteiro-Neto, C. (2007). Determinação objetiva de guildas ecológicas de peixes da região costeira de Itaipu, Niterói-Rj, Brasil. *Anais do XII Congresso Latino Americano de Ciências do Mar - COLACMAR*, 2007, Florianópolis. v.1.

Material eletrônico deverá informar: disponível em: <<http://www...>>. (acesso: 4 jun. 2008).

LISTA DE CHECAGEM

- Declaração de responsabilidade e transferência de direitos autorais assinada por cada autor;

- Indicar a área e subárea da revista para a qual está submetendo o manuscrito;

- Indicar o nome de três revisores com as respectivas informações profissionais e de contato;

- Enviar ao editor quatro vias do original (um original e três cópias) e um CD-ROM etiquetado com as seguintes informações: nome do(s) autor(es) e do arquivo. Na reapresentação, incluir o número do protocolo;

- Verificar se o texto, incluindo resumos, tabelas e referências, está reproduzido com letra arial, tamanho 11 e espaçamento entrelinhas 1,5, e com formatação de margens superior e inferior (no mínimo 2,5cm), esquerda e direita (no mínimo 3cm);

- Verificar se estão completas as informações de legendas das figuras e tabelas;

- Preparar página de rosto com as informações solicitadas;

- Incluir nomes de agências financiadoras e número do processo;

- Indicar se o artigo é baseado em tese/dissertação, colocando o título, o nome da instituição, o ano de defesa e o número de páginas;

- Incluir título do manuscrito, em português e inglês;

- Incluir título abreviado (*short title*) com quarenta caracteres, para fins de legenda em todas as páginas;

- Incluir resumos com no mínimo 150 e no máximo 250 palavras nos dois idiomas, português e inglês, ou em espanhol, nos casos em que se aplique, com palavras-chave;

- Verificar se as referências estão normalizadas segundo estilo adotado pela revista, ordenadas alfabeticamente, e se todas estão citadas no texto;

- Incluir permissão de editores para reprodução de figuras ou tabelas publicadas;

- Incluir parecer do Comitê de Ética da instituição.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE E TRANSFERÊNCIA DE DIREITOS AUTORAIS

Cada autor deve ler e assinar os documentos Declaração de Responsabilidade (1) e Transferência de Direitos Autorais (2), nos quais devem constar:

- Título do manuscrito;

- Nome por extenso dos autores (na mesma ordem em que aparecem no manuscrito);

- Autor responsável pelas negociações.

1. Declaração de responsabilidade: todas as pessoas relacionadas como autoras devem assinar declarações de responsabilidade nos termos abaixo:

- “Certifico que participei da concepção do trabalho para tornar pública minha responsabilidade pelo seu conteúdo, que não omiti quaisquer ligações ou acordos de financiamento entre os autores e companhias que possam ter interesse na publicação deste artigo”;

- “Certifico que o manuscrito é original e que o trabalho, em parte ou na íntegra, ou qualquer outro trabalho com conteúdo substancialmente similar de minha autoria não foi enviado a outra revista e não o será enquanto sua publicação estiver sendo considerada pela Bioikos, quer seja no formato impresso ou no eletrônico”.

2. Transferência de direitos autorais:

- “Declaro que, em caso de aceitação do artigo, a Bioikos passa a ter os direitos autorais a ele referentes, que se tornarão propriedade exclusiva da revista, e fica vedada qualquer reprodução, total ou parcial, em qualquer outra parte ou meio de divulgação, impressa ou eletrônica, sem que a prévia e necessária autorização seja solicitada e, se obtida, farei constar o competente agradecimento à revista”.

Assinatura do(s) autores(s) Data ____/____/____

Toda correspondência deve ser enviada à revista Bioikos no endereço abaixo:

Núcleo de Editoração SBI - *Campus II*
Av. John Boyd Dunlop, s/n., Prédio de Odontologia, Jd. Ipaussurama, 13060-904, Campinas, SP, Brasil.
Fone/Fax: +55-19-3343-6875
E-mail: sbi.nerevistas@puc-campinas.edu.br
Web: <http://www.puc-campinas.edu.br/ccv>

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

The Journal *Bioikos* publishes original scientific studies, reviews and scientific communications of many biological areas. In 2010, *Bioikos* was divided into broad areas for publication, with specific associated editors for each area. The areas are the following:

- **Molecular Biology**, covering:
 - Cell Biology
 - Physiology and Pharmacology
 - Biochemistry and Biophysics
 - Genetics and Molecular Biology

- **Environmental**, covering:
 - Botany
 - Ecology
 - Zoology
 - Fishing Resources

- **Teaching**, covering:
 - Education, Society and Environment
 - Teaching of Sciences and Biology

We kindly ask the authors to indicate the area and subarea of the study according to the divisions above when submitting articles to the journal.

EDITORIAL PROCEDURES

1. Assessment of the manuscript

Manuscripts submitted to the journal in agreement with the editorial policy and instructions for authors are preselected by the editors according to the scientific merit of the contribution. If the article does not meet the requirements or standards of the journal, the authors will be asked to make the necessary changes and/or attach the missing documents, such as an introduction letter.

It is strongly recommended that the author(s) seek(s) professional linguists and/or translators certified in the Portuguese, English or Spanish languages before submitting articles with possible grammar, morphological, syntactic, idiomatic and/or stylistic errors.

Poorly written original articles containing mistakes and/or morphological or syntactic errors are returned to the authors before assessment of their merit or of publication convenience.

Articles approved in this phase are then sent to *ad hoc* referees selected by the editors. Each manuscript is sent to two referees of known competence in the field. If there is disagreement between the referees, the article is sent to a third referee for assessment.

The journal uses the blind review system, that is, both the referees and the authors remain anonymous to each other. Therefore, the authors are asked to avoid including information in the text that may uncover their identity.

If any of the referees report a conflict of interest, the editorial committee will send the article to another *ad hoc* referee.

The referees will either (a) accept the article in full; or (b) accept the article but request changes; or (c) refuse the article. The authors will always be notified of the outcome. However, the editors will make the final decision on whether to publish the article. They will also make adjustments if necessary. Texts with problems are returned to the authors for corrections. The authors are asked to return the article to the publishing department within the established deadline.

Accepted manuscripts may return to the authors for approval if changes are made during editing and formatting to meet the style of the journal.

Hard proofs are sent to the authors for correction of possible printing mistakes. Please return the hard proofs to the publishing department before the deadline. Other changes in the manuscript cannot be made during this phase.

2. Submission of manuscripts

When submitting articles, the authors are asked to (a) indicate three referees and their respective professional and contact information; (b) include a letter describing the type of study, declaring that the manuscript is only being submitted to *Bioikos* and agreeing to transfer the copyright ownership to *Bioikos*. This letter must be signed by all authors (original or electronic signatures). Also include the full name, address, telephone numbers, and e-mails of the corresponding author in the letter; (c) If figures or tables published elsewhere are used, please attach the authorization from the respective publisher(s) to use them; (d) include four hard copies of the article using line spacing of 1.5 and Arial font size 11; (e) include a labeled CD-ROM or DVD with an electronic copy of the manuscript in *doc* or *docx* format (Microsoft Word version 97-2003 or newer). The label should contain the name(s) of the author(s) and file.

3. Structure of the manuscript

Bioikos Journal publishes original and review articles and scientific notes. Manuscripts may be in Portuguese, Spanish or English and be 15 to 20 pages long. Number all pages, starting at the title page, which should be page 1. Use A4 paper with upper

and lower margins of at least 2.5cm and left and right margins of at least 3.0cm.

Re-edited version: Articles with changes suggested by the referees are to be resubmitted in three full hard copies and an electronic copy in a CD-ROM or DVD. The disk should contain the protocol number, manuscript version number, name of authors and file name. Make sure to resubmit the reedited manuscript within the deadline and send only the last version.

Use blue font to make the requested changes to the text. Include a new letter addressed to the editor confirming your continued interest in publishing the manuscript and listing the changes. The letter should also contain the title and code of the manuscript and, in case of disagreement with the referees' recommendations, arguments that justify your position.

Include the following information in the title page:

- a. Complete title – should be concise and avoid excess words, such as "assessment of....," "considerations about....," "exploratory study....;"
- b. Short title with up to forty characters with spaces in English and Portuguese or Spanish;
- c. Full name of all authors indicating their institutional affiliations. Only one title and affiliation will be accepted per author. The author(s) are free to choose which title and affiliation they prefer. Do not abbreviate the titles or affiliations.
- d. Full address of the affiliated universities;
- e. The corresponding author's full address, fax number, telephone number and e-mail.

Observation: Only the title page may contain information about the authors. All other pages cannot contain any information that identifies any of the authors.

Abstract: Articles submitted in Portuguese or Spanish must have an abstract in the respective language and one in English. The abstract should have at least 150 words and at most 250 words. Articles submitted in English should include an abstract in Portuguese in addition to the abstract in English. Include in the abstract the objective(s), method(s), information about location, population and sample of the study, and most important results and conclusions, considering the objectives of the study. Also make suggestions for future studies. Abstracts should not contain citations, acronyms or abbreviations. Abstracts may have from three to six keywords.

Text: original articles (but not reviews or scientific notes) should follow the formal structure of scientific papers:

- The **Introduction** should contain a current literature review, pertinent to the theme, appropriate to the presentation of the problem and emphasizing its importance. It should not be extensive, except in review articles.

- The **Material and Methods** should contain a clear and succinct description of the method(s) used followed by the

corresponding literature references, including procedures, universe, sample, measurement instruments and, when applicable, validation method and statistical treatment. Demonstrate that the statistical procedures were not only appropriate for testing the hypotheses but were also correctly interpreted. Indicate the significance levels used (e.g. $p < 0.05$; $p < 0.01$; $p < 0.001$). If animals are used in the study, indicate if the guidelines of institutional or domestic research committees or domestic laws regarding the care and use of laboratory animals were followed. Also include the number of the approval process.

- The **Results** should be presented in self-explanatory tables or figures with statistical analyses whenever possible. The data in tables and figures should not be repeated in the text. Tables, charts and figures should be limited to five in all and numbered consecutively and independently with Arabic numerals, in concordance with the order in which they are mentioned in the text. Use one page for each item (table, figure, chart, etc.) and indicate their location in the text. Always include the location and year of the study in their titles. Keep the titles short. Use open side borders for charts and tables. The author(s) are responsible for the quality of the figures (drawings, illustrations, tables, charts and graphs). It should be possible to resize them without loss of resolution (size of one or two columns, 7.6 and 16.2 cm respectively). Landscape format is not accepted. **Digital figures** should be in JPEG with a minimum resolution of 300 dpi. Printing of **color images**, if technically viable, is paid by the authors. If the authors are interested, *Bioikos* will provide a quote of the costs which will vary according to the number of images, number of pages the color images will occupy and whether other authors also requested printing of color images.

Figures should be sent in high quality print, in black and white and/or shades of gray and/or hatches. **Graphs** should be sent separately in WMF files (Windows metafile) and in the format of the program that generated them (SPSS, Excel) accompanied by their quantitative parameters in tables containing the names of all variables. **Satellite images** and **photographs** should be submitted in the following formats: TIFF (Tagged Image File Format) or BMP (Bitmap). Use a minimum resolution of 300dpi (dots per inch) and a minimum width of 16.2cm. Payment is due as soon as the quote is received, if agreed with. Authors are asked to pay by wire transfer or bank deposit. Account information will be duly provided.

The **Discussion (this section can be merged with Results)**: should discuss the results appropriately and objectively and compare them with other published results.

The **Conclusion** should contain pertinent conclusions, i.e., considering the objectives of the study, and make suggestions for future studies. Do not make citations here.

Acknowledgments are accepted in a separate paragraph and should contain no more than three lines naming the institutions or individuals who in fact collaborated with the study.

Include the **scientific names** of the studied species in the captions of the illustrations (figures, tables and charts), abstract, and introduction. Abbreviations are accepted elsewhere.

Only include **attachments** if they are essential for text comprehension. Their publication will be decided by the editors.

Use standard **abbreviations and acronyms** and only those used conventionally or sanctioned by use. The first time the term is

mentioned in the text, it must be written in full accompanied by the abbreviation or acronym. Do not use abbreviations or acronyms in the title or abstract.

List **References** alphabetically at the end of the manuscript, according to the first author's last name and chronologically by author. All authors should be cited in references with two to six authors; if more than six authors, only the first six should be cited followed by *et al.* Include the full name of the journals. Citations and/or references of undergraduate monographs, summaries of works presented in congresses, symposiums, workshops, meetings, among others, and unpublished articles (for example, classes, among others) will not be accepted. Citations of dissertations and theses should be avoided as much as possible. If an unpublished work, that is, an article in press, of one of the authors of the manuscript is cited, include the letter of acceptance of the journal that will publish the article. If unpublished data obtained by other researchers are cited in the manuscript, include a letter from the original authors authorizing their use.

All **citations in the text** must be listed in the references. When citing one author, cite the name of the author followed by the year of publication in parenthesis, for example, Rocha (2008); if there are two authors, cite both separated by an ampersand (&), for example, Santos & Martins (2008); if there are three or more authors, cite the last name of the first author followed by the expression *et al.*, for example, Rafael *et al.* (2008). Multiple citations should be separated by a semicolon and cited chronologically, for example, (Santos, 2003; Almeida *et al.*, 2004; Oliveira & Rocha, 2006). The author(s) are responsible for the accuracy and appropriateness of the references that have been consulted and mentioned.

Examples of references

Journal

Two authors

Thatcher, V.E. & Brasil-Sato, M.C. (2008). *Ergasilussalmi* sp. nov. (Copepoda: Ergasilidae) a branchial parasite of "dourado", *Salminus franciscanus* from the upper São Francisco River, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 25(3):555-7.

More than two authors

Rafael, J.A.; Silva, N.M. & Dias, R.M.N.S. (2008). Baratas (Insecta, Blattaria) sinantrópicas na cidade de Manaus, Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica*, 38(1):173-8.

Book

Ângelo, C. & Mayr, E. (2008). *Isto é biologia: a ciência do mundo vivo*. São Paulo: Companhia das Letras.

More than two authors

Alberts, B.; Bray, D.; Lewis, J.; Johnson, A.; Raff, M.; Roberts, K. *et al.* (2007). *Fundamentos da biologia celular*. 2.ed. Porto Alegre: Artmed.

Book chapter

Alterthum, F. (2005). Crescimento bacteriano. In: Trabulsi, L.R. & Alterthum, F. *Microbiologia*. 4. ed. São Paulo: Atheneu. Biblioteca Biomédica.

Dissertations and theses

Silva, A.B. (2008). *Planejamento experimental e modelagem estatística do efeito do uso do lodo de esgoto em solos*. Dissertação em Desenvolvimento de Processos Ambientais, Universidade Católica de Pernambuco.

Works presented in congresses and the like

Tubino, R.A.; Paes, E.T. & Monteiro-Neto, C. (2007). Determinação objetiva de guildas ecológicas de peixes da região costeira de Itaipua, Niterói-Rj, Brasil. *Anais do XII Congresso Latino Americano de Ciências do Mar - COLACMAR*, 2007, Florianópolis. v.1.

Web pages: include the URL: <<http://www...>>. (accessed on June 4, 2008).

CHECKLIST

- Declaration of responsibility and transfer of the copyrights signed by all authors.
- Indicate the area and subarea of the journal to which the manuscript is being submitted.
- Indicate the name of three referees, including their professional and contact information.
- Send four copies of the manuscript to the editor (one original and three copies) and a CD-ROM or DVD with the following information in the label: name of the author(s) and file name. If the article is being resubmitted after compliance with referees' suggestions, include the number of the protocol.
- The text, including the abstract, tables and references, should use font Arial 11 and line spacing of 1.5. The upper and lower margins should be of at least 2.5cm and the left and right margins should be of at least 3cm.
- Verify if the information in the captions of figures and tables is complete.
- Prepare a title page with the necessary information.
- Include the names of the sponsors and process numbers.
- Indicate if the article is based on a thesis/dissertation and include the title, name of institution, year of defense and number of pages.
- Include the title of the manuscript in English and Portuguese or Spanish.
- Include a short title with a maximum of 40 characters with spaces. This title will be the caption of all pages.
- Include abstracts with no less than 150 and no more than 250 words in English and Portuguese or Spanish, according to the language of the manuscript, and the respective keywords.
- Verify if the references are in agreement with the style of the journal and if all citations are included.
- Include the authorization of original editors to reproduce material published elsewhere.
- Include the approval of the Research Ethics Committee of the study institution.

DECLARATION OF RESPONSIBILITY AND TRANSFER OF COPYRIGHT OWNERSHIP

Each author is asked to read and sign the documents "Declaration of Responsibility" (1) and "Transfer of Copyright Ownership" (2) which must include:

- the title of the manuscript;
- full name of the authors (in the same order that they appear in the manuscript);
- author responsible for the negotiations.

1. Declaration of responsibility: all authors are asked to sign the declarations of responsibility in the terms below:

- "I certify that I participated in the conception of the study and make public my responsibility for its content. I did not omit any connections or financial agreements with authors and companies that may have an interest in the publication of this manuscript."

- "I certify that the manuscript is original and that the work, in part or in full, or any other work with a substantially similar content of my authorship, has not been submitted to another journal in hard or electronic copy and will not be submitted to another journal in hard or electronic copy while its publication is being considered by the journal *Bioikos*."

2. Transfer of copyright ownership:

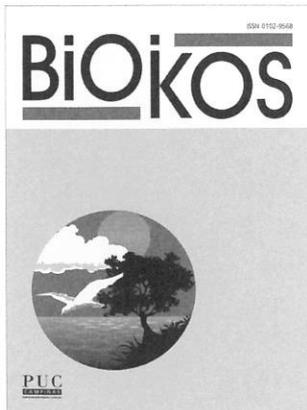
- "If *Bioikos* accepts to publish the manuscript, I declare that *Bioikos* becomes the exclusive owner of its copyrights. I am aware that any reproduction elsewhere, in part or in full, in any media, printed or electronic, without the previous and necessary authorization by *Bioikos*, is strictly forbidden. If the authorization is granted, I shall include a note thanking *Bioikos*."

Signature of the author(s)

Date ____ / ____ / ____

All correspondence should be sent to journal of Bioikos at the address below

Núcleo de Editoração SBI - Campus II
Av. John Boyd Dunlop, s/n., Prédio de Odontologia, Jd. Ipaussurama, 13060-904, Campinas, SP, Brasil.
Fone/Fax: +55-19-3343-6875
E-mail: sbi.nerevistas@puc-campinas.edu.br
Web: <http://www.puc-campinas.edu.br/centros/ccv>



Prezado amigo,

É com satisfação que vimos convidá-lo **ASSINAR ou RENOVAR** a revista *BIOIKOS*, a melhor forma de ter contato com os trabalhos desenvolvidos por pesquisadores da área através de uma publicação nacional, indexada pela ASFA - Aquatic Sciences & Fisheries Abstracts, Base de Dados Periódica (Índice de Revistas Latinoamericano em Ciências), Lista Qualis: B-4.

Esperamos contar com sua presença entre nossos assinantes regulares.

Preencha o canhoto abaixo.

Um abraço,

<input type="checkbox"/>	ASSINATURA	<input type="checkbox"/>	RENOVAÇÃO						
<input type="checkbox"/>	Volume 20 (1 e 2) (2006)	⇒	Pessoas Físicas	R\$ 30,00	<input type="checkbox"/>	⇒	Institucional	R\$ 50,00	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Volume 21 (1 e 2) (2007)	⇒	Pessoas Físicas	R\$ 30,00	<input type="checkbox"/>	⇒	Institucional	R\$ 50,00	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Volume 22 (1 e 2) (2008)	⇒	Pessoas Físicas	R\$ 30,00	<input type="checkbox"/>	⇒	Institucional	R\$ 50,00	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Volume 23 (1 e 2) (2009)	⇒	Pessoas Físicas	R\$ 30,00	<input type="checkbox"/>	⇒	Institucional	R\$ 50,00	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Volume 24 (1 e 2) (2010)	⇒	Pessoas Físicas	R\$ 40,00	<input type="checkbox"/>	⇒	Institucional	R\$100,00	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Volume 25 (1, 2 e 3) (2011)	⇒	Pessoas Físicas	R\$ 50,00	<input type="checkbox"/>	⇒	Institucional	R\$120,00	<input type="checkbox"/>

Nome: _____

Endereço: _____

CEP: _____ Cidade: _____ Estado: _____ Telefone: _____

CNPJ/CPF: _____ E-mail: _____

Anexo cheque número: _____ Banco: _____ Valor: _____

Cheque nominal à **SOCIEDADE CAMPINEIRA DE EDUCAÇÃO E INSTRUÇÃO**.

Assinatura: _____ Data: ____ / ____ / ____

FORMAS DE PAGAMENTO

PARCELADO

- Pré-datado para 30 dias
- Pagamentos em 2 vezes: 1 entrada e o restante para 30 dias

À VISTA

- Cheque ou depósito bancário: depósito bancário: Banco Itaú ag. 0009 cc 49371-9
Código de Identificação do assinante: **Institucional** CNPJ **Pessoas Físicas** CPF

Razão Social: Sociedade Campineira de Educação e Instrução. CNPJ: 46.020.301/0001-88

Enviar pedido juntamente com seu pagamento para:

Revista Bioikos - Núcleo de Editoração - Prédio de Odontologia - Campus II
Av. John Boyd Dunlop, s/n. - J. Ipaussurama - 13060-904 - Campinas - SP. Fone/Fax: (19) 3343-6875
E-mail: sbi.neassinaturas@puc-campinas.edu.br - Home Page: www.puc-campinas.edu.br/ccv

Pontifícia Universidade Católica de Campinas

(Sociedade Campineira de Educação e Instrução)

Grão-Chanceler: Dom Bruno Gamberini

Reitora: Profa. Angela de Mendonça Engelbrecht

Vice-Reitor: Prof. Eduard Pranic

Pró-Reitor de Graduação: Prof. Germano Rigacci Júnior

Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação: Profa. Vera Engler Cury

Pró-Reitora de Extensão e Assuntos Comunitários: Profa. Vera Engler Cury

Pró-Reitor de Administração: Prof. Ricardo Pannain

Diretora do Centro de Ciências da Vida: Profa. Miralva Aparecida de Jesus Silva

Diretor-Adjunto do Centro de Ciências da Vida: Prof. José Gonzaga Teixeira de Camargo

Diretor da Faculdade de Ciências Biológicas: Prof. Edmilson Ricardo Gonçalves

Bioikos

Com capa impressa no papel supremo 250g/m² e miolo no papel couchê fosco 90g/m²

Editoração eletrônica / DTP

Toque Final

Impressão / Printing

Gráfica Editora Modelo Ltda.

Tiragem / Edition

800

Distribuição / Distribution

Sistema de Bibliotecas e Informação da PUC-Campinas - Serviço de Publicação, Divulgação e Intercâmbio

**Artigos | Articles****Ambiental | Environmental**

- 3 Gross anatomy of the head lateral line and hearing system of the Ophidiinae, *Genypterus blacodes*, *Raneya brasiliensis* and *Ophidion holbrookii*, of Southern Brazil
Anatomia da linha lateral da cabeça e sistema auditivo em Ophidiinae, Genypterus blacodes, Raneya brasiliensis e Ophidion holbrookii, provenientes do Sudeste do Brasil
● Luiz Alberto Zavala-Camin, Matheus Marcos Rotundo
- 11 Frequency of morphological alterations in the fish of Lake *Guaíba* and its application to environmental monitoring
Frequência de alterações morfológicas em peixes e sua aplicação no monitoramento ambiental
● Fábio Flores-Lopes, Gil Marcelo Reuss-Strenzel
- 25 Probiótico na alimentação da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758), durante a inversão sexual: desempenho zootécnico e recuperação da bactéria probiótica intestinal
Probiotic in the feed of Nile tilapia (Oreochromis niloticus Linnaeus, 1758) during sex reversal: zootechnical performance and the recovery of probiotic bacteria in the intestine
● Leonardo Tachibana, Danielle Carla Dias, Carlos Massatoshi Ishikawa, Camila Fernandes Corrêa, Antônio Fernando Gervásio Leonardo, Maria José Tavares Ranzani-Paiva
- 33 Criação do vermelho-cioba (*Lutjanus analis*) submetido a diferentes dietas
Rearing of mutton snapper Lutjanus analis subjected to different diets
● Eduardo Gomes Sanches
- 41 Qualidade da água de efluentes de pesqueiros situados na bacia do Alto Tietê
Water quality in fish hatchery effluent located in the upper Tietê river basin
● Cacilda Thais Janson Mercante, Jeniffer Sati Pereira, Lídia Sumile Maruyama, Paula Maria Genova de Castro, Luciana Carvalho Bezerra de Menezes, Suzana Sendacz, Ariane Carolina Di Genaro

Ensino | Education

- 53 A universidade e as questões ambientais: a formação de professores em destaque
University and environmental issues: featuring the educational background of lecturers
● Simone Sendin Moreira Guimarães, Edson do Carmo Inforsato