

## Delimitation of cryptic species of *Notholebias*, a genus of seasonal miniature killifishes threatened with extinction from the Atlantic Forest of south-eastern Brazil (Cyprinodontiformes: Rivulidae)

Wilson J. E. M. Costa\* and Pedro F. Amorim\*

*Notholebias*, a genus of seasonal miniature killifishes from south-eastern Brazil, contains two species threatened with extinction, *N. minimus* and *N. fractifasciatus*, and one possibly extinct species *N. cruzi*. These species are mainly distinguishable by male colour patterns. Species limits were tested using a combination of morphological characters and phylogenetic trees derived from the analyses of 650 bp sequences comprising a fragment of the mitochondrial gene cytochrome c oxidase I, taken from 16 specimens representing four populations along the whole geographic distribution of the genus, excluding the area inhabited by *N. cruzi*. The analysis supports a fourth species, *N. vermiculatus*, new species, as an exclusive lineage endemic to the Saquarema lagoon system, sister to *N. fractifasciatus*, from which it differs by details of the caudal fin colour pattern in males. The new species differs from other congeners analysed by 14 unique nucleotide substitutions, exhibiting genetic distances of 9.8–11.5 %.

### Introduction

The Atlantic Forest of Brazil, one of the most important biodiversity hotspots in the world (e. g., Myers et al., 2000), is inhabited by 40 species of aplocheiloid killifishes belonging to distinct phylogenetic lineages (e. g., Costa, 2009). Among the seven aplocheiloid genera endemic to the Atlantic Forest (Costa, 2008, 2010, 2011), six uniquely comprise seasonal species only found in temporary pools and swamps formed during the beginning of the two mostly rainy year periods, usually April–June and October–November (Costa, 2002a). Known as seasonal or annual killifishes

(e. g., Costa, 2002a), their eggs protected by a thick chorion undergo embryonic diapause during the two dry seasons, which are short and annually variable in this part of South America, most frequently between late January and March, and between late July and September.

Three seasonal killifish genera endemic to the Atlantic Forest belong to the tribe Cynopoecilini, comprising *Campellolebias*, a genus of the atypical internally inseminating killifishes (Vaz-Ferreira & Sierra, 1974; Costa, 1995a, 2006), and *Leptolebias* and *Notholebias*, genera uniquely containing miniature species (Myers, 1942, 1952; Costa, 2002b, 2008). Species of the latter genus were until 2008

---

\* Laboratório de Sistemática e Evolução de Peixes Teleósteos, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Caixa Postal 68049, CEP 21944-970, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.  
 E-mail: wcosta@biologia.ufrj.br

## The whole contribution can be purchased as PDF file.

### Availability

Generally all our publications are available as PDF files; full publications as a general rule after the printed version is out of print. If you have questions concerning particular contributions please contact us by e-mail:

pdf@pfeil-verlag.de.

### The PDF files are protected by copyright.

The PDF file may be printed for personal use.

The reproduction and dissemination of the content or part of it is permitted.

It is not allowed to transfer the digital personal certificate or the password to other persons.

### Prices

Books: Prices are to be found in the catalog.

Articles in journals and single contributions or chapters in books:

10 EURO basic price per order (including the first 10 pages),  
and

0.50 EURO per page, beginning with the 11<sup>th</sup> page.

Page numbers are found in the contents of the publications.

### Orders

Use our order form for PDF files or send your order informal per e-mail (pdf@pfeil-verlag.de). The only accepted payment is by credit card. While using the order form for PDF files, your data will be transmitted by secure link (ssl). You also may send the informations informally by e-mail, fax, phone or mail.

### Handling

As soon as possible, depending on our business hours and your order, you will receive your PDF file together with the certificate and password by e-mail.

Larger PDF files can be downloaded from our webpage, if necessary.

Your invoice will be sent out by e-mail after we charged your credit card.

To open the encrypted PDF files you have to install your personal certificate after your first order. All PDF files with the same certificate can be opened from that time on.

## Dieser Beitrag kann als PDF-Datei erworben werden.

### Verfügbarkeit von PDF-Dateien

Prinzipiell sind von allen unseren Publikationen PDF-Dateien erhältlich. Komplette Publikationen in der Regel erst nachdem die gedruckte Version vergriffen ist. Anfragen bezüglich bestimmter Beiträge richten Sie bitte per E-Mail an pdf@pfeil-verlag.de.

### Die PDF-Dateien sind urheberrechtlich geschützt.

Ein Ausdruck der PDF-Dateien ist nur für den persönlichen Gebrauch erlaubt.

Die Vervielfältigung von Ausdrucken, erneutes Digitalisieren sowie die Weitergabe von Texten und Abbildungen sind nicht gestattet.

Das persönliche Zertifikat und das Passwort dürfen nicht an Dritte weitergegeben werden.

### Preise

Bücher: Die Preise sind dem Katalog zu entnehmen. Zeitschriftenbeiträge und einzelne Kapitel aus Sammelbänden bzw. Büchern:

10 EURO Grundbetrag pro Bestellung (einschließlich der ersten 10 Seiten),  
und

0,50 EURO pro Seite ab der 11. Seite.

Den Umfang der Beiträge entnehmen Sie bitte den Inhaltsverzeichnissen.

### Bestellungen

Bestellungen sind mit dem PDF-Bestellformular oder formlos per E-Mail (pdf@pfeil-verlag.de) an uns zu richten. Die Bezahlung ist ausschließlich per Kreditkarte möglich. Bei Verwendung unseres Bestellformulars werden die Kreditkartendaten über eine gesicherte Verbindung (ssl) übermittelt. Sie können die Daten aber auch formlos per E-Mail, Fax, Post oder telefonisch übermitteln.

### Abwicklung

So bald wie möglich, aber abhängig von unseren Bürozeiten und der gewünschten Bestellung, schicken wir Ihnen die PDF-Datei(en) zusammen mit Ihrem persönlichen Zertifikat und dem zugehörigem Passwort per E-Mail. Größere Dateien bieten wir Ihnen gegebenenfalls zum Herunterladen an.

Der fällige Betrag wird von Ihrer Kreditkarte abgebucht und Sie erhalten die Rechnung ebenfalls per E-Mail.

Um die verschlüsselten PDF-Dateien öffnen zu können, muss bei der ersten Bestellung das passwortgeschützte persönliches Zertifikat installiert werden, welches anschließend auf dem Rechner verbleibt. Alle mit diesem Zertifikat verschlüsselten Dateien können anschließend auf diesem Rechner geöffnet werden.