



Universidade Federal do Maranhão

Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação

**TAXONOMIA INTEGRATIVA DO GÊNERO *KNODUS*
EIGENMANN, 1911 (CHARACIFORMES: CHARACIDAE) NAS
BACIAS DOS RIOS MEARIM E MUNIM, ESTADO DO
MARANHÃO, NORDESTE DO BRASIL**

RAYANE GONÇALVES AGUIAR

São Luís/MA

2021

RAYANE GONÇALVES AGUIAR

**TAXONOMIA INTEGRATIVA DO GÊNERO *KNODUS*
EIGENMANN, 1911 (CHARACIFORMES: CHARACIDAE) NAS
BACIAS DOS RIOS MEARIM E MUNIM, ESTADO DO
MARANHÃO, NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós- Graduação em
Biodiversidade e Conservação da
Universidade Federal do Maranhão,
como requisito final para obtenção
do título de Mestre em
Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Felipe
Polivanov Ottoni

Co-orientador: Prof. Dr. Luís
Fernando Carvalho-Costa

São Luís/MA

2021

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

GONÇALVES AGUIAR, RAYANE.

TAXONOMIA INTEGRATIVA DO GÊNERO KNODUS EIGENMANN, 1911
CHARACIFORMES: CHARACIDAE NAS BACIAS DOS RIOS MEARIM E
MUNIM, ESTADO DO MARANHÃO, NORDESTE DO BRASIL / RAYANE
GONÇALVES AGUIAR. - 2021.

94 f.

Coorientador(a): LUÍS FERNANDO CARVALHO COSTA.

Orientador(a): FELIPE POLIVANOV OTTONI.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Biodiversidade Conservação/ccbs, Universidade Federal do
Maranhão, São Luís, 2021.

1. Knodus. 2. Munim. 3. Pindaré. 4. Stevardiinae.
5. Taxonomia Integrativa. I. CARVALHO COSTA, LUÍS
FERNANDO. II. POLIVANOV OTTONI, FELIPE. III. Título.

RAYANE GONÇALVES AGUIAR

**TAXONOMIA INTEGRATIVA DO GÊNERO *KNODUS*
EIGENMANN, 1911 (CHARACIFOMES: CHARACIDAE) NAS
BACIAS DOS RIOS MEARIM E MUNIM, ESTADO DO
MARANHÃO, NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Biodiversidade e Conservação da
Universidade Federal do Maranhão,
como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em
Biodiversidade e Conservação.

Aprovada em 20/ 10 /2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Felipe Polivanov Ottoni (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão

1º Examinador (Jorge Luiz Silva Nunes)
Universidade Federal do Maranhão

2º Examinador (Axel Makay Katz)
Universidade Federal do Rio de Janeiro

“A percepção do desconhecido
é a mais fascinante das experiências.
O homem que não tem os olhos abertos
para o misterioso passará pela
vida sem ver nada”

Albert Einstein

*As piabas,
pelo comprometimento.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr, Felipe Ottoni pela orientação durante esse projeto.

Aos Dr. Erick Crsitofore Guimarães que foi fonte de conhecimento e execução em todos os processos dessa dissertação.

Ao Prof. Dr. Luís Fernando Carvalho Costa por concender suporte estrutural e por contribuir com a orientação deste trabalho.

Ao futuro biólogo Clarence pelos auxílio e ensinamentos de bancada, cruciais para o desenvolvimento desta dissertação.

Aos membros do Laboratório de Ecologia e Sistemática de Organismo Aquáticos, Lucas de Oliveira e Rafael de Oliveira por contirbuições em coletas.

À minha colega de mestrado e amiga Juliana Brito pelo apoio estrutural e pela troca de conversas e incentivo em momentos difíceis, muito obrigada!

Ao Dr. Axel pelo auxílio nas análises moleculares.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação por essa oportunidade de crescimento profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado, e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão (FAPEMA) pelo financiamento do projeto ao qual faz parte este trabalho.

Por fim, a todos aqueles que diretamente ou indiretamente contribuíram para que esse projeto fosse realizado.

RESUMO

A Ordem Characiformes possui o maior número de espécies da fauna aquática, aproximadamente 4.000 em 24 famílias neotropicais. Characidae destaca-se por ser a família mais diversa e mais problemática dentro da ordem Characiformes. Como exemplo destes problemas taxonômicos, podemos citar o gênero *Knodus* Eigenmann 1911 cuja a diagnose, presença de escamas cobrindo os raios da nadadeira caudal, é fonte de discussão a respeito da validade do gênero. Uma maneira de superar a taxonomia confusa de grupos problemáticos é utilização de múltiplos critérios operacionais para delimitação de espécies que produzem hipóteses mais robustas de divergências de linhagens, convergindo para a proposta de uma Taxonomia Integrativa. O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo taxonômico, com base em dados morfológicos e moleculares, nas populações do gênero *Knodus* que ocorrem nas bacias dos rios Mearim e Munim localizadas no Estado do Maranhão Nordeste do Brasil, com base em diferentes e independentes métodos de delimitação de espécies. Como resultado deste trabalho, a localidade-tipo de *Knodus victoriae* foi atualizada. Devido erros de interpretações em descrições antigas e a mudança do nome do município maranhense de Vitória para Alto Parnaíba causaram imprecisões sobre a exata localidade-tipo dessas espécies. Assim, através de levantamentos bibliográficos, informações sobre roteiro da expedição, mapas, diário e coletas no município, a localidade das espécies foi atualizada, sendo na foz de um riacho que deságua no rio Parnaíba, no município de Alto Parnaíba no Estado do Maranhão, bacia do alto rio Parnaíba, nordeste do Brasil. As correções das localidade-tipo são importantes para evitar confusões taxonômicas e biogeográficas. Além disso, através da utilização de dados morfológicos e moleculares, uma nova espécie de *Knodus* é descrita para as bacias dos rios Mearim e Munim. Apesar de se assemelhar a *Knodus victoriae*, a nova espécie difere por possuir mais vértebras totais, mais raios ramificados e não ramificados na nadadeira anal e menos escamas circumpendiculares. As análises moleculares (WP, GMYC, bPTP, ABGD) apresentam congruência na delimitação da nova espécie com distância genética média de 14% para outras espécies de *Knodus* analisadas. A descrição da nova espécie enquadra-se na perspectiva de taxonomia integrativa, uma vez que é baseada em dados morfológicos e seis métodos moleculares. As seis abordagens moleculares são baseadas em suposições e cálculos independentes e diferentes, tornando a hipótese de validade da nova espécie mais robusta. A utilização de fontes diferentes de investigação (morfologia, molecular, distribuição geográfica, etc) podem auxiliar na identificação de grupos com elevada similaridade morfológica, evitando erros de identificação e consequentemente auxiliando na resolução de problemas de validade e posicionamento de grupos taxonômicos.

Palavras-chaves: *Knodus victoriae*, Pindaré, Stevardiinae.

ABSTRACT

The Order Characiformes has the higher number of species of aquatic fauna, approximately 4,000, distributed in 24 families of neotropical fishes. Characidae is the most diverse and problematic family within the Characiformes. As an example of these taxonomic problems we can mention the genus *Knodus*, whose diagnosis, the presence of scales covering the caudal fin rays, is a source of discussion regarding the validity of the genus. One way to overcome the confusing taxonomy of problematic groups is to use multiple operational criteria for species delimitation, which produce more robust hypotheses of lineage divergences, converging on the proposal of an Integrative Taxonomy. The objective of this work was to carry out a taxonomic study, based on morphological and molecular data, on populations of the genus *Knodus* that occur in the basins of the Mearim and Munim rivers located in the State of Maranhão, Northeastern Brazil, based on different and independent methods of species delimitation. As a result of this work, the type locality of *Knodus victoriae* was updated. Misinterpretations in old descriptions and the change name of the municipality Vitória to Alto Parnaíba caused confusion on the exactly type locality of these species. Thus, based on bibliographical research, information on the expedition's itinerary, maps, diary and collections in the municipality, the type locality of these species was updated to the mouth of a stream that flows into the Parnaíba river, in the municipality of Alto Parnaíba in the State of Maranhão, upper Parnaíba river basin, northeastern Brazil. Type localities corrections and update are important to avoid taxonomic and biogeographic confusion. In addition, based on several methods using both morphological and molecular data, a new species of *Knodus* is herein described for the Mearim and Munim river basins. Although this new species has some similar characteristics, it differs from *Knodus victoriae* by having more total vertebrae, more branched and unbranched anal-fin rays and fewer circumpenducular scales. Molecular analyzes (WP, GMYC, bPTP, ABGD) were congruent in the delimitation of the new species with an average genetic distance of 14% from other analyzed *Knodus* species. The description of this new species fits the approach of the integrative taxonomy, since it is based on morphological data and six molecular species delimitation methods. The six molecular approaches are based on independent and different assumptions and calculations, making the hypothesis of the validity of the new species more robust. The use of different sources of investigation (morphology, molecular, geographic distribution, etc.) can help to identify groups with high morphological similarity, avoiding identification errors and, consequently, helping to solve problems of validity and positioning of taxonomic groups.

Keywords: *Knodus victoriae*, Pindaré, Stevardiinae.

LISTA DE ABREVIACES

ABGD	Automatic Barcode Gap Discovery
BI	Bayesian Inference
BOLD	Barcode of Life Database
bPTP	Bayesian implementation of the Poisson Tree Processes
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de nvel Superior
CICCAA	Coleo Ictiolgica do Centro de Ciências Agrrias e Ambientais
COI	Citocromo Oxidase subunidade I
DBC	DNA barcoding
FAPEMA	Fundação de Amparo  Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão
GGI	Gene Genealogy Interrogation
GMYC	General Mixed Yule Coalescent
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatstica
K2P	Kimura-2-parameters model
MCMC	Markov Chain Monte Carlo
NCBI	National Center for Biotechnology Information
NUMTs	nuclear mitochondrial DNA sequences
WP	Wiens and Penkrot analysis

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Fig. 1. Map showing the updated and accurate type locality of *Knodus victoriae* and *Loricaria parnahybae*. Black star corresponds to the municipalities of Alto Parnaíba (State of Maranhão) and Santa Filomena (State of Piauí), about 2 km away, both located at the border between these states on the banks of the Parnaíba River37

CAPÍTULO III

Fig. 1. *Knodus guajajara* sp. nov., holotype, CICCAA 04883, 31.4 mm SL, Alto Alegre do Pindaré municipality, Igarapé Arapapá, Pindaré River drainage, Mearim River basin, 3°42'26"S 46°0'25"W82

Fig. 2. *Knodus guajajara* sp. nov, paratypes A) (CICCAA 01518), 22.8 mm SL; Brazil: Maranhão State: Alto Alegre do Pindaré municipality, igarapé jenipapo, Pindaré River drainage, Mearim River basin, 3°42'30"S 46°1'19"W. B) (CICCAA 02696), 40.29 mm SL; Brazil: Maranhão State: Chapadinha municipality, stream in riparian forest on the road BR-222, Munim River basin, 03°45'6"S 043°20'23"O.82

Fig. 3. *Knodus guajajara* sp. nov. CICCAA 04861 (paratype), 31.9 mm SL; jaw suspensory: a -Premaxillary. b - Maxilla. c – Dentary. Scale bar 1 mm. (Photographed by Felipe Ottoni)..... 83

Fig. 4. *Knodus guajajara* sp. nov. CICCAA 04861, paratype (male), 31.9 mm SL Maranhão state, Mearim river basin. Hooks on pelvic (a) and anal fins (b). (Photographed by Felipe Ottoni)..... 83

Fig. 5. Geographical distribution of *Knodus guajajara* sp. nov.84

Fig. 6. Bayesian Inference phylogenetic tree used in the WP species delimitation method, including summarizing the results of GMYC, bPTP and ABGD. Numbers above and below branches are posterior probability values. The gray bars correspond to the congruent results of the different species delimitation methods(Con.) 85

LISTA DE TABELAS

Table 1. Sampling sites, specimens and DNA sequence information included in the study. Sequences made available by this study follow with asteristic.	86
Table 2. Morphometric data (N=110) of the holotype and paratypes of <i>Knodus guajajara</i> sp. nov. from the Mearim River basin. SD: Standard deviation.	88
Table 3. Morphometric data (N=136) for the paratypes of <i>Knodus guajajara</i> sp. nov. from the Munim River basin. SD: Standard deviation.	89
Table 4. Kimura-2 parameters pairwise genetic distances among species.	90

SUMÁRIO

Apresentação Geral	13
CAPÍTULO I.....	14
1. Introdução	15
2. Fundamentação Teórica.....	17
3. Objetivo Geral.....	23
4. Objetivos Específicos	23
CAPÍTULO II	32
Historical review on the type locality of <i>Knodus victoriae</i> (Steindachner 1907) (Teleostei: Characidae) and <i>Loricaria parnahybae</i> Steindachner 1907 (Teleostei: Loricariidae).....	32
CAPÍTULO III.....	41
A new species of <i>Knodus</i> (Characiformes, Characidae) from the Mearim and Munim river basins, Northeastern Brazil, and evidence for hidden diversity in adjacent river basins	41
CONSIDERAÇÕES FINAIS	90

