

Origem e diferenciação da ictiofauna de água doce na costa e em ilhas oceânicas no Brasil Meridional: um modelo de caso do lambari-listrado (*Characidae: Hollandichthys multifasciatus*)

Este projeto tem por objetivo compreender a diversidade genética do lambari-listrado (*Hollandichthys*) na costa e em ilhas ao longo do Brasil Meridional. A partir de sequências de DNA, será possível compreender de forma mais clara os processos geológicos e climáticos que ocorreram na região e que culminaram no isolamento de diversas populações de peixes de água doce nas ilhas oceânicas. Além disso, será possível estimar se os diversos eventos de regressão e transgressão marinhas que ocorreram na região foram os responsáveis pela atual diversidade e diferenciação dessas populações ao longo da costa brasileira. Resultados parciais baseados em DNA mitocondrial (genes COI e ND2) demonstram uma separação norte-sul entre as populações de *Hollandichthys*. A barreira geográfica responsável por essa separação é o estuário de Paranaguá. Este fato evidencia a importância de se obter amostras desse peixe da Ilha do Mel, cujo posicionamento geográfico estratégico auxiliaria a elucidar a história evolutiva desse peixe e, conseqüentemente, dos fatores geológicos e climáticos que influenciaram a atual ictiofauna na região. Além disso, seria de grande importância obter exemplares de outras espécies de peixes de água doce da ilha com o objetivo futuro de realizar trabalhos de filogeografia comparada para demais espécies, ampliando assim o conhecimento sobre a ictiofauna e os padrões biogeográficos para a região, auxiliando na conservação dessas espécies e do ambiente em que vivem.

Área de estudo:

A costa brasileira apresenta cerca de 9.200km de extensão e, além dos importantes ecossistemas que a constituem, é a região em que se distribui a maior parte da população humana do país. Os diferentes condicionamentos geológicos e climáticos ao longo de sua extensão são responsáveis por uma grande diversidade de aspectos morfológicos (planícies, falésias, costões rochosos...), tendo sua origem com os eventos que conduziram a abertura do Oceano Atlântico Sul, que foram iniciados no Jurássico (130 milhões de anos) e resultaram na ruptura do super continente Gondwana, a partir de um sistema de fraturas tipo rifte (Villwock et al., 2005).

A margem leste da América do Sul é construída por regiões baixas onde, em ambiente de relativa calma tectônica, se desenvolvem planícies costeiras com sistemas lagunares e ilhas-barreira que transicionam para extensas plataformas continentais (Villwock et al., 2005). Ao sul de São Paulo e, principalmente no Paraná e norte de Santa Catarina, as planícies costeiras abrigam extensos complexos estuarino-lagunares, como Paranaguá e Guaratuba (Villwock et al., 2005). Na margem leste brasileira, desde o sul da foz do rio São Francisco até o rio da Prata ocorre numerosos riachos isolados, com pequena área de drenagem. Esses riachos são especialmente curtos e de declive acentuado ao longo da porção sudeste da serra (Lundberg et al., 1998).

A área de abrangência deste estudo, que compreende desde o litoral norte do Rio Grande do Sul até o sul do Rio de Janeiro, é marcada por costas altas onde promontórios rochosos se alternam com pequenas planícies costeiras. Essa região foi submetida a falhamentos e soerguimentos de blocos que acabaram por formar a Serra do Mar, que conduziu à inversão do sentido de curso dos principais rios que passaram a correr para o interior do continente (Villwock et al., 2005). Além disso, diversas invasões marinhas desde a abertura do oceano Atlântico tiveram um papel muito importante para a paisagem desta área. Devido a esses eventos geológicos ocorrentes nos últimos milhões de anos, a região costeira vem apresentando grandes oscilações climáticas e na disponibilidade de habitats, culminando em áreas altamente dinâmicas, com um elevado grau de endemismo em sua fauna (Ribeiro, 2006).

As maiores ilhas oceânicas costeiras do sul e sudeste do Brasil possuem populações isoladas de peixes de água doce, proximamente relacionadas às espécies que habitam os riachos costeiros continentais. Isso é possível porque essas ilhas se originaram através dos diversos eventos de transgressões e regressões marinhas que moldaram a atual costa brasileira. Com a elevação do nível do mar, porções montanhosas da Serra do Mar

foram isoladas pelas águas oceânicas, formando as ilhas atuais e isolando os organismos ali viventes. Conhecer a real diversidade existente nesses corpos de terra é de grande importância para poder estimar, entre outros parâmetros, a diferenciação genética dessas populações que foram isoladas, além de poder elaborar possíveis medidas de conservação.

Bizerril (1994) calculou a taxa de endemismo para a região costeira brasileira e obteve 23,4% ao nível de gêneros e 95% com relação a espécies. Esse elevado grau de endemismo deve-se ao fato de que peixes de água doce dependem, para sua dispersão, de conexões diretas entre os sistemas de drenagens. Desta forma, devido a história de interconexões entre as bacias, a distribuição íctica ao longo da planície costeira reflete o desenvolvimento geológico implícito. Análises de biogeografia histórica de peixes permitem criar fortes inferências sobre a biota e a evolução geológica da região analisada (Birmingham and Martin, 1998). Entretanto, informações históricas sobre as comunidades de peixes das drenagens da região costeira são escassas e fragmentadas, dificultando o entendimento dos processos históricos que determinaram a composição e distribuição da fauna de peixes de água doce ao longo da costa brasileira (Bizerril and Lima, 2000).

Organismo foco:

O gênero *Hollandichthys* corresponde a um grupo neotropical de peixes popularmente chamados de lambari-listrado. Habitam rios costeiros desde o norte do Rio Grande do Sul até o sul do Rio de Janeiro e ilhas marinhas, além da porção superior do rio Tietê na drenagem do rio Paraná. Nessas regiões vivem em pequenos riachos ou poças laterais, associados à densa vegetação ripária de mata Atlântica, sendo encontrados apenas em porções preservadas desse bioma. Segundo Britski (1972), *H. multifasciatus* pode ser capturado em água salobra, podendo ser o caracídeo mais resistente a variações de salinidade.



Esse gênero é composto por uma espécie válida - *H. multifasciatus*. Entretanto, a partir de estudos morfológicos (Bertaco, 2003), foram identificadas oito morfotipos no gênero, sendo todas alopátricas e obedecendo a um padrão de distribuição geográfico. Tais características qualificam esse gênero de peixe neotropical como um bom modelo experimental para testar a diversidade genética entre as populações insulares e as viventes no continente, dado que nenhum estudo com a ictiofauna de água doce abordou a diversidade genética entre essas populações até o momento.

Filogeografia:

A filogeografia, como uma subdisciplina da biogeografia, enfatiza aspectos históricos que levaram a distribuição contemporânea das linhagens gênicas (Avise et al., 1998). Dessa forma, o entendimento de tais

processos torna possível a inferência de modelos hierárquicos de diferenciação genética e de estrutura filogeográfica, que refletem, assim, a história geográfica da região (Beheregaray et al., 2002). A análise de diferentes grupos de peixes de água doce em uma determinada região frequentemente demonstra esses modelos hierárquicos de diferenciação genética e de estrutura filogeográfica, necessários para compreender a geografia histórica da região (Avice, 2000). Entretanto, a formulação e o teste de hipóteses gerais sobre a diversidade e diversificação desses peixes neotropicais requer conhecimento sobre sua filogenia e distribuição no tempo e no espaço (Lundberg, 1998).

Buscando respostas para essas questões, marcadores moleculares tem colaborado para um maior entendimento da ictiofauna, podendo corroborar hipóteses e auxiliar no esclarecimento de problemas evolutivos ainda não resolvidos.

Objetivos:

Este trabalho tem como objetivo formular hipóteses de estruturação populacional de *Hollandichthys*, possibilitando inferir sua história evolutiva e, assim, compreender de forma mais clara eventos que os levaram ao isolamento em ilhas próximas da costa e como essas populações isoladas reagiram às eventuais pressões geradas por essa mudança. Mais especificamente este projeto tem por objetivo

- a. Compreender a distribuição espacial e temporal, verificando a estruturação haplotípica e eventos de expansão e contração populacional;
- b. Avaliar a diversidade genética dentro do grupo foco do estudo;
- c. Formular hipóteses que expliquem a história evolutiva da região, a qual culminou na distribuição atual do gênero *Hollandichthys*;
- d. Amostrar outras espécies de peixes de água doce da Ilha do Mel para estudos filogeográficos a fim de ampliar o conhecimento sobre a ictiofauna da região que auxilie nos programas de conservação da mata Atlântica e principalmente dos corpos d'água desse bioma, a partir da diversidade genética estudada.

Material e métodos:

As diversas espécies de peixes de água doce, incluindo *Hollandichthys*, serão coletadas nos corpos da água, tais como pequenos riachos e lagoinhas, ao longo da Ilha do Mel. Os métodos de coleta utilizados serão picaré, tarrafa e puçá. Os exemplares serão anestesiados com óleo de cravo e posteriormente fixados em álcool 96% para uso em análises genéticas e/ou em formol 10% para análises morfológicas. O material será tombado na coleção do Museu de História Natural Capão da Imbuia e na coleção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Resultados parciais:

Resultados parciais baseados em genes mitocondriais (COI e ND2) indicam dois principais grupos para o gênero *Hollandichthys* (Fig. 1). Um grupo Norte que compreende de norte do Paraná até Rio de Janeiro e outro Sul abrangendo as áreas ao sul de Paraná até o Rio Grande do Sul. A barreira geográfica responsável por esta separação se posiciona no estuário de Paranaguá.

Em relação às ilhas oceânicas é possível perceber que as amostras dessas localidades ainda compartilham linhagens com as populações mais próximas do continente. Enquanto as ilhas Florianópolis e Ilhabela demonstram uma maior diferenciação em relação ao continente, a ilha São Francisco do Sul ainda demonstra alto grau de parentesco com o continente, provavelmente devido a sua maior proximidade e isolamento geográfico mais recente.

A partir da análise da população da Ilha do Mel será possível inferir de forma mais clara a diferenciação genética entre essas populações, principalmente por se tratar de um ponto estratégico na separação entre os

dois principais grupos dentro dessa espécie. Além disso, se compreenderão melhor os mecanismos e sequência de eventos que moldaram o isolamento entre essas ilhas e as microbacias costeiras, fornecendo um modelo hipotético para outros organismos da região.

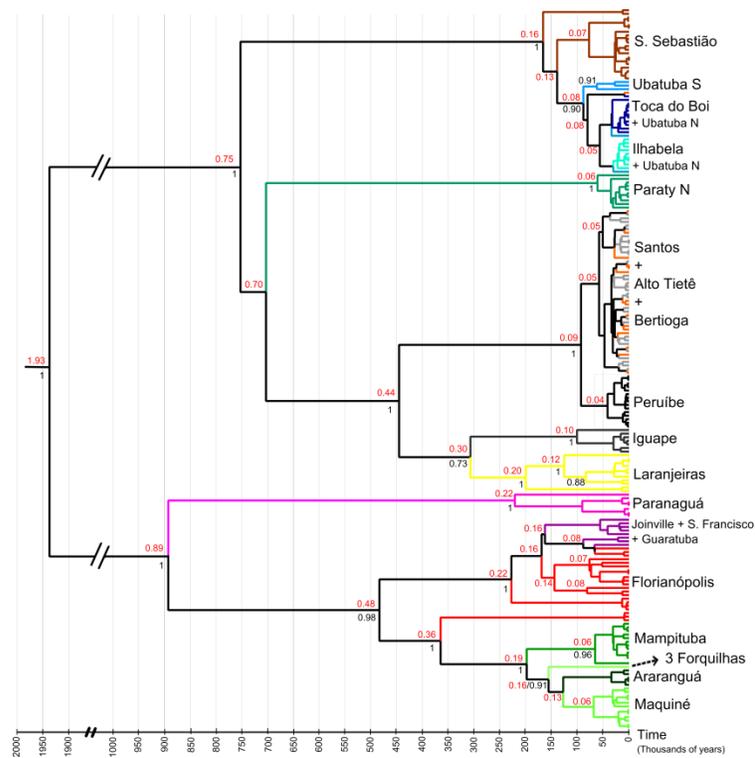


Fig. 1 – Árvore filogenética para mtDNA demonstrando a os dois grandes clados dentro da espécie *H. multifasciatus*, separados pelo estuário de Paranaguá.

Referências:

- Avice, J.C., 2000. *Phylogeography: The History and Formation of Species*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Avice, J.C., Walker, D., Johns, G.C., 1998. Speciation durations and Pleistocene effects on vertebrate phylogeography. *Proc Biol Sci* 265, 1707-1712.
- Beheregaray, L.B., Sunnucks, P., Briscoe, D.A., 2002. A rapid fish radiation associated with the last sea-level changes in southern Brazil: the silverside *Odontesthes perugiae* complex. *Proc Biol Sci* 269, 65-73.
- Bermingham, E., Martin, A.P., 1998. Comparative mtDNA phylogeography of neotropical freshwater fishes: testing shared history to infer the evolutionary landscape of lower Central America. *Mol Ecol* 7, 499-517.
- Bertaco, V.A., 2003. Taxonomia e filogenia do gênero *Hollandichthys* Eigenmann, 1909 (Teleostei: Characidae) do Sul e Sudeste do Brasil. *Zoology*. PUCRS, Porto Alegre.
- Bizerril, C.R.S.F., 1994. Análise Taxonômica e Biogeográfica da Ictiofauna de Água Doce do Leste Brasileiro. *Acta Biologica Leopoldinensia* 16, 51-80.
- Bizerril, C.R.S.F., Lima, N.R.W., 2000. Levantamento da ictiofauna de água doce do leste brasileiro. *Acta Biológica Leopoldinensia* 16, 103-110.
- Britski, H.A., 1972. Peixes de água doce do estado de São Paulo - Sistemática. In: Pesca, I.d. (Ed.), *Poluição e Piscicultura*. Faculdade de Saúde Pública da USP. Comissão Interestadual da bacia Paraná-Uruguai, pp. 79-108.
- Lundberg, 1998. The Temporal Context for the Diversification of Neotropical Fishes. In: Malabarba, L.R., Reis, R.E., Vari, R.P., Lucena, Z.M.S., Lucena, C.A.S. (Eds.), *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Edipucrs, Porto Alegre, p. 603.
- Lundberg, J.G., Marshall, L.G., Guerrero, J., Brian, H., Malabarba, M.C., Wesselingh, F., 1998. The Stage for Neotropical Fish Diversification: A History of Tropical South American Rivers. In: Malabarba, L.R., Reis, R.E., Vari, R.P., Lucena, Z.M.S., Lucena, C.A.S. (Eds.), *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Edipucrs, Porto Alegre.
- Ribeiro, A.C., 2006. Tectonic History and the Biogeography of the Freshwater Fishes from the Coastal Drainages of Eastern Brazil: an Example of Faunal Evolution Associated with a Divergent Continental Margin. *Neotropical Ichthyology* 4, 225-246.
- Villwock, J.A., Lessa, G.C., Suguio, K., Angulo, R.J., Dillenburg, S.R., 2005. Geologia e Geomorfologia de Regiões Costeiras. In: Souza, C.R.G., Suguio, K., Oliveira, A.M.S., Oliveira, P.E. (Eds.), *Quaternário no Brasil*. Holos, Ribeirão Preto, p. 378.