

MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICO DA ESPÉCIE INVASORA *Hyphessobrycon eques* (STEINDACHNER, 1882)

ECOLOGICAL NICHE MODELING OF THE *Hyphessobrycon eques* (STEINDACHNER, 1882) INVASIVE SPECIES

¹CASTELLETTO, Luan Gabriel Pasquetta; ² ³ PEREIRA, Alan Deivid; ¹ ² ³JARDULI, Lucas Ribeiro

¹Departamento de Ciências Biológicas – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos-Unifio/FEMM

²Laboratório de Ecologia de Peixes e Invasão Biológica – Universidade Estadual de Londrina – LEPIB/UDEL

³Laboratório de Ecologia Aquática e Conservação de Espécies Nativas – Universidade Estadual de Londrina – LEACEN/UDEL

RESUMO

A introdução de espécies é um fato recorrente nos ecossistemas límnicos brasileiros. Uma espécie que vem ganhando notoriedade como invasora é o *Hyphessobrycon eques*, popularmente conhecido como Mato-Grosso ou Tetra-serpae. Com base nisso, este estudo possuiu o objetivo de promover uma modelagem de nicho ecológico para essa espécie. Usando o Brasil como área total e estimando áreas potenciais que este animal poderia ocorrer mediante a variáveis bioclimáticas, o modelo necessitou de dados de ocorrência onde a espécie ocorre de forma nativa e as seguintes variáveis: Temperatura média, mínima e máxima, precipitação média, mínima e máxima. Os dados de ocorrência foram obtidos a partir da plataforma Specieslink e Gbif, as variáveis bioclimáticas foram obtidas a partir dos bancos de dados Global Climate Data e AMBDATA. A partir desses dados as análises foram realizadas pelo algoritmo MaxEnt, no software R. Os resultados obtidos mostraram uma ampla capacidade de ocorrência dessas espécies em diversas regiões no Brasil, com maior adequabilidade na Bacia do Paraná, seguido de áreas litorais no Sudeste, nas regiões Nordeste e Norte.

Palavras-chave: Tetra-Serpae. Introdução de Espécies. MaxEnt

ABSTRACT

The introduction of species is a recurring fact in Brazilian limnic ecosystems. One species that has been gaining notoriety as an invader is the *Hyphessobrycon eques*, popularly known as Mato-Grosso or Tetra-serpae. Based on this, this study aimed to promote ecological niche modeling for this species. Using Brazil as the total area and estimate of potential areas that this animal can occur through bioclimatic variables, the necessary model of occurrence data where the species occurs natively and the following variables: Average, minimum and maximum temperature, average, minimum and maximum precipitation. The occurrence data were obtained from the Specieslink and Gbif platform, the bioclimatic variables were used from the Global Climate Data and AMBDATA databases. From these data the analyzes were performed by the MaxEnt algorithm, in R software. The results obtained a wide occurrence capacity of these species in several regions in Brazil, with greater suitability in the Paraná Basin, followed by coastal areas in the Southeast, in the Northeast regions and North.

Keywords: Tetra-Serpae. Introduction of Species. MaxEnt

INTRODUÇÃO

Popularmente conhecido como Mato-Grosso ou Tetra-Serpae, a espécie *Hyphessobrycon eques* é introduzida vários ecossistemas límnicos do Brasil.

Apresenta coloração avermelhada nas nadadeiras e no corpo. A nadadeira dorsal apresenta uma mancha e a anal possui uma borda escura contendo uma mancha em sua porção final. Também possui uma mancha alongada escura na nadadeira umeral. Dentes cuspidados em duas séries na maxila superior e linha lateral interrompida (DUKE, 2008).

A espécie tem comportamento gregário, ou seja, vive em cardumes, além de não possuir cuidado parental. Também é classificada como uma espécie omnívora e que tem uma alta capacidade reprodutiva, já que é capaz de fazer desova total, ou parcial, mais de uma vez ao ano. (INSTITUTO HÓRUS, 2009)

O gênero *Hyphessobrycon* inclui pequenos peixes tetras com comprimento corporal entre 15mm a 60mm e com coloração chamativa (ALMIRÓN et. al, 2006) e possui cerca de 100 espécies (LIMA et. al, 2003) que se distribuem e ocorrem de forma endêmica ao longo da bacia do Prata, do México à Argentina, estando, portanto, introduzidas em outros locais de ocorrência. (ALMIRÓN et al., 2004).

Entretanto, vários indivíduos são coletados em regiões litorâneas dos reservatórios e tributários do médio do Paranapanema, entre outros locais na extensão do Rio Paraná (DUKE, 2008).

De acordo com Enger (1989), a introdução de espécies não nativas e a destruição de habitats estão entre as atividades humanas que apresentam maior risco à extinção de espécies e, portanto, a diversidade biológica em escala planetária.

Segundo Agostinho et al. (2000), os impactos negativos desencadeados pela espécie invasora que causam extinção da fauna local são diversos, tais como: competição por recursos, alta taxa de predação, modificação da estrutura de habitat e do funcionamento sistêmico, introdução de patógenos e parasitas e alterações genéticas.

Para Williamson (1996) o processo de invasão biológica pode ser dividido em quatro fases distintas: a chegada, ou introdução da espécie, seu estabelecimento ou fixação, sua expansão e o equilíbrio da espécie na comunidade. Na grande maioria dos casos, esse equilíbrio se dá com uma grande dominância da espécie invasora na comunidade, levando a uma condição ecologicamente inferior à original, com perda de biodiversidade no nível de espécies e de processos ecológicos.

Segundo Pivello (2011) todas as espécies que se tornam invasoras são altamente eficientes na competição por recursos, o que as leva a dominar as espécies nativas originais. Têm também alta capacidade reprodutiva e de dispersão.

Para quantificar e inferir essas introduções de espécies não-nativas existem inúmeros modelos. Os Modelos de Nicho Ecológico (MNE) são ferramentas utilizadas dentro da Ecologia para compreender a distribuição potencial de uma espécie, baseada nas informações de relação entre as ocorrências e as variáveis ambientais (FRANKLIN & MILLER 2010).

Atualmente, o MNE se tornou um importante procedimento analítico usado para entender os fatores que influenciam na ocorrência de espécies e na delimitação de distribuição geográfica (FRANKLIN, 2009).

Para Araújo (2012) as amplas capacidades de predição dos Modelos de Nicho Ecológicos, fazem dele uma ferramenta muito difundidas e utilizadas para entender o alcance e mudança das espécies.

Conforme aponta Dalapicolla (2016), a modelagem correlativa, ou modelagem clássica usa dois tipos de dados para modelar os requisitos ambientais de uma espécie e estimar sua distribuição geográfica potencial: as localidades, ou seja, os registros de ocorrência de presença e as variáveis ambientais para a região de estudo, especialmente as climáticas. É criada uma correlação entre os dois conjuntos de variáveis para estimar a distribuição.

Para Dalapicolla (2016), os modelos de distribuição de espécies possuem quatro focos principais e dentre eles a estimativa e a adequabilidade relativa do habitat em áreas geográficas que não são ocupadas pelas espécies, ou seja, a distribuição potencial de espécies invasoras.

Segundo Phillips *et al.* (2006) o algoritmo MaxEnt utiliza o princípio da máxima entropia em dados de presença para estimar um conjunto de funções que se relacionam com variáveis ambientais do habitat a fim de se aproximar da distribuição geográfica potencial das espécies.

Existe uma demanda de condições básicas para a realização do MNE. São elas: Um conjunto de dados de ocorrência, um conjunto de variáveis ambientais explicativos e um algoritmo que relacione os dois fatores, finalizando com uma validação da veracidade do modelo (GUISAN; ZIMMERMANN, 2000).

O objetivo deste estudo foi analisar quais regiões biogeográficas do Brasil são mais suscetíveis ao estabelecimento de *Hyphessobrycon eques* com base em

preditores bioclimáticos. Neste sentido, fornecer um banco de dados para medidas de contenção e manejo preventivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Levantamento dos dados

O levantamento dos dados de ocorrência de *Hyphessobrycon eques* foi realizado nos bancos de dados SpeciesLink e GBIF.

Como resultado da busca foram levantadas 97 coordenadas geográficas de ocorrência de *Hyphessobrycon eques* apenas bacia onde a espécie é nativa.

A fim de estabelecer a modelagem de nicho ecológico e assim a predição das potenciais invasões da espécie, foram levantados dados de variáveis bioclimáticas dos pontos de ocorrência trabalhados. Os dados foram obtidos através do banco de dados Global Climate Data e AMBDATA. Para o modelo trabalhado foram utilizadas as seguintes variáveis bioclimáticas:

Tabela 1. Parâmetros utilizados no trabalho. Fonte: Autor

VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
BIO1	Temperatura Média Anual
BIO5	Temperatura Máxima do mês mais quente
BIO6	Temperatura Mínima do mês mais frio
BIO12	Precipitação Anual
BIO13	Precipitação do mês mais chuvoso
BIO14	Precipitação do mês mais seco

As variáveis bioclimáticas para aplicação do Modelo De Nicho Ecológico foram selecionadas segundo Ruaro, 2019.

Análise dos dados

Todas as análises para o MNE (Modelo de Nicho Ecológico) foram realizadas através do algoritmo MaxEnt (Maximum Entropy Model) no software de estatística R 3.6.3

Para início das análises foi aplicado uma PCA (Análise de Componentes Principais) para ver se havia colinearidade entre as variáveis. Todavia, não foi possível

avaliar nenhuma multicolinearidade através da PCA, o que é um dos requisitos do algoritmo MaxEnt.

Posteriormente foram selecionados os 97 pontos na área de ocorrência natural de *Hyphessobrycon eques* para a modelagem de nicho.

Nos pontos utilizados foi aplicado um filtro espacial. O filtro espacial usa algoritmos de randomização para otimizar a distância geográfica entre cada registro de ocorrência dentro de uma distância geográfica específica (BORIA et al. 2014).

Esta abordagem permite controlar a correlação espacial nos dados de e reduz os efeitos de pontos enviesados e irregulares na amostra (AIELLO-LAMMENS et al. 2015).

Neste estudo executamos o algoritmo de filtro espacial implementado no pacote R (spThin), conforme proposto por Aiello-Lammens et al. (2015) usando um parâmetro de distância mínima de 10 km.

Aplicado o filtro espacial nas coordenadas de ocorrência natural da espécie, restaram 47 pontos de ocorrência para a Modelagem de Nicho Ecológico.

Para trabalhar o background, ou seja, extrapolar as variáveis bioclimáticas da região natural de ocorrência para todo o Brasil, foi utilizada a função "sample". Esta função permite, de forma aleatória, que o programa selecione regiões dentro das amplitudes de variação bioclimática da espécie, através de presença e ausência dessas condições amostradas.

O conjunto de dados levantados é dividido de forma aleatória pelo algoritmo MaxEnt, de forma a utilizar 25% desses dados para calibração, ou teste, fase a qual testa-se a precisão do modelo, e 75% dos dados para a modelagem. Neste estudo 12 pontos foram considerados para o teste e 35 na modelagem.

Ainda na fase teste, é realizada a Análise de omissão/comissão, que busca avaliar a taxa de omissão e a área prevista em função do limite cumulativo. A taxa deve estar próxima da omissão prevista, devido a definição do limite cumulativo amostrado.

Posteriormente foi calculado a curva ROC, responsável por relacionar a Sensibilidade (Taxa de verdadeiros positivos, representa ausência de erro de omissão) e a Especificidade (Taxa de falso positivo, representa erros de sobreprevisão) com a AUC.

Por sua vez, a AUC é calculada com dados de teste da validação do MaxEnt e avalia a capacidade discriminatória de um modelo (PHILLIPS et al. 2006). De forma

prática ela pode ser utilizada para comparações entre diferentes algoritmos e utilizada como indicativo de qualidade de um modelo (PEARSON, 2003).

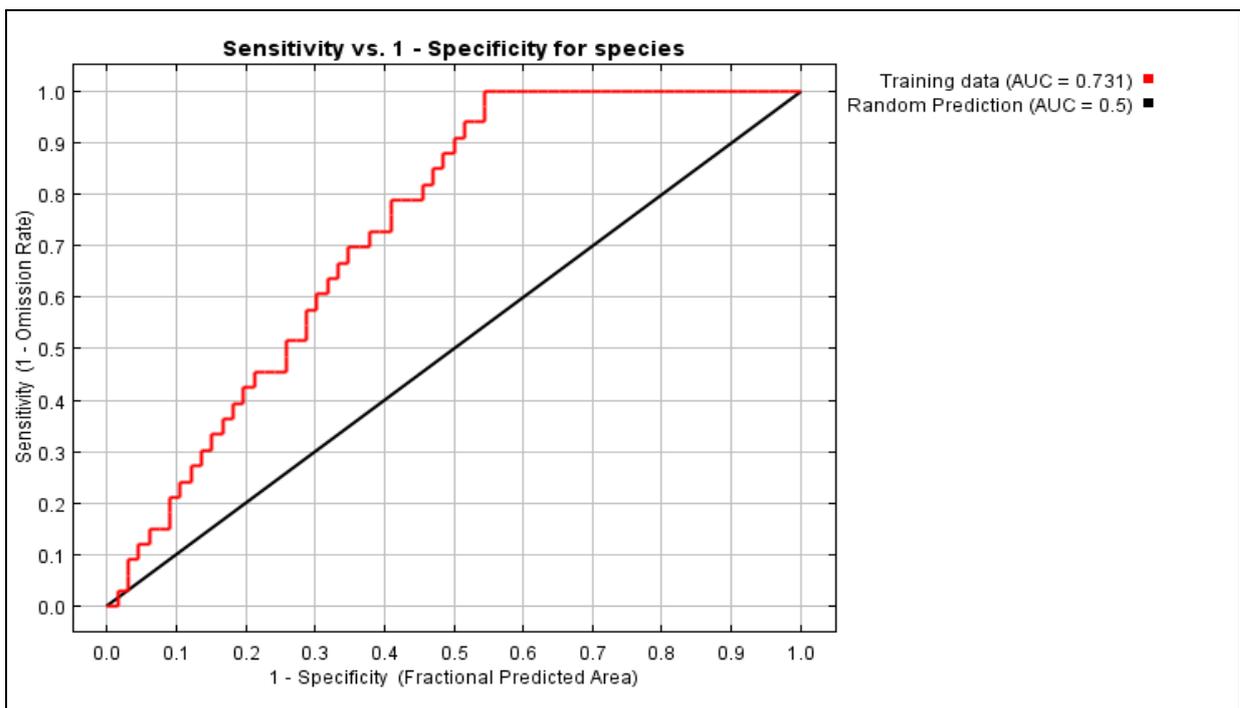
Confecção dos mapas

Para confecção dos mapas apresentados foi utilizado o software QGIS 3.12.1

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gráfico da Figura 1, mostra a o valor AUC (Área Under Curve) mediante a curva ROC (Receiver Operating Characteristic). A curva ROC pode ser obtida quando se plota o valor 1-especificidade no eixo X e a sensibilidade no eixo Y. A especificidade é conhecida por apresentar a taxa de verdadeiros positivos, representando a ausência de erro de omissão. No eixo Y, a sensibilidade aponta a taxa de falso positivo, representando erros de omissão (DALAPICOLLA, 2016).

Figura 1. Curva de ROC para o modelo.



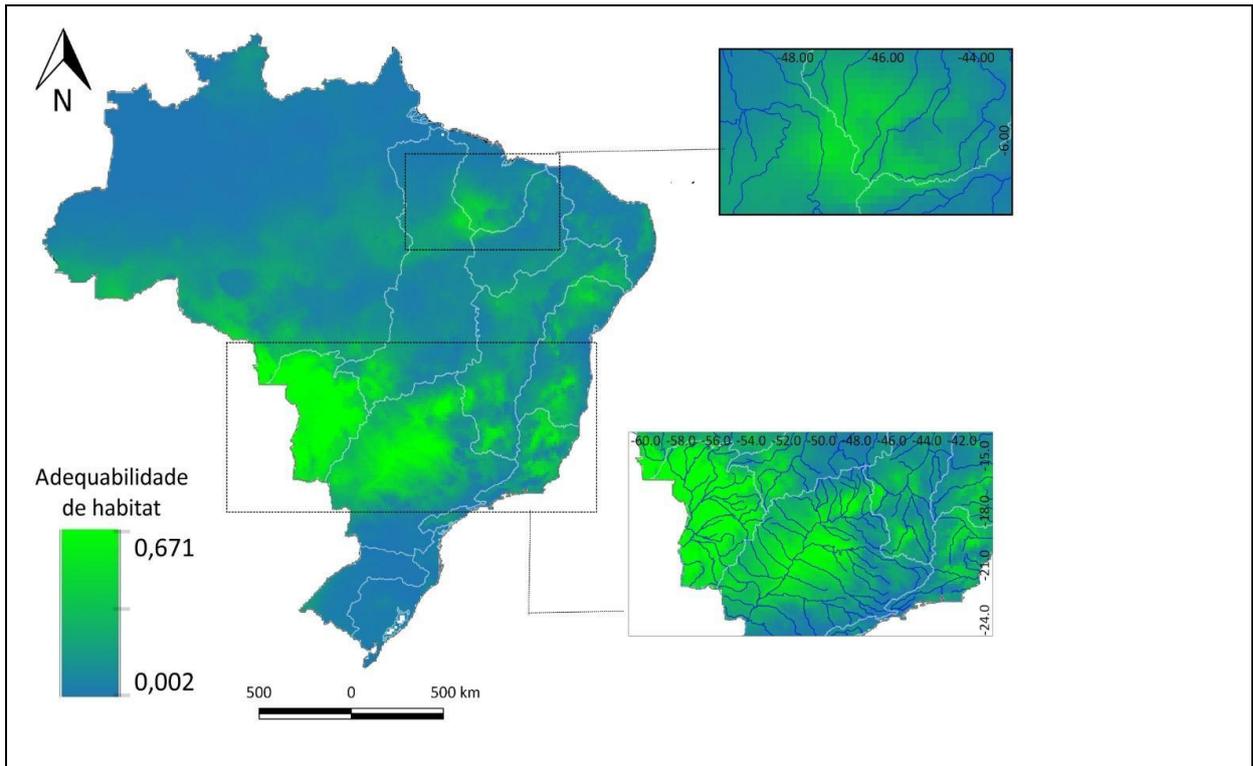
Fonte: Autor

Sendo assim, a curva ROC aponta a eficiência do modelo em distinguir entre duas variáveis. O valor de AUC é determinado pelo programa para avaliar a performance de um modelo através de um valor único. Essa análise avalia a

capacidade discriminatória de um modelo (PHILLIPS, 2006). O valor de AUC vai de 0 a 1, quanto mais próximo de 1 mais confiável é o modelo proposto (METZ, 1986).

No modelo utilizado para este trabalho, foi obtido o resultado de AUC igual a 0.73. Segundo Metz (1986), este valor é atribuído a modelos que indicam uma qualidade média de discriminação.

Figura 2. Mapa final de adequabilidade de habitat de *Hyphessobrycon eques*.



Fonte: Autor

O resultado da Modelagem de Nicho Ecológico é o mapa da Figura 2, contendo a adequabilidade da espécie no Brasil mediante as variáveis bioclimáticas utilizadas para o modelo. A área com maior intensidade de verde é justamente a área em que a espécie ocorre de forma nativa, seguido de áreas potenciais para a colonização. Nota-se uma grande adequabilidade nas regiões de influência do Rio Paraná e seus afluentes, além de áreas litorâneas potenciais, no norte e nordeste.

Segundo a lista de ictiofauna do Rio Paranapanema já existem registros de ocorrência desta espécie tanto no Baixo, quanto na região do Médio Paranapanema (JARDULI *et al.*, 2019)

Para Pelicice e Agostinho (2005) em estudos de ecologia alimentar nas regiões litorâneas do reservatório de Rosana, Baixo Paranapanema, a espécie se mostrou

generalista, consumindo principalmente zooplanktons, algas e briófitas. Também ocorreu sobreposição de nicho com espécies nativas, como *Serrapinus notomelas*, *Roeboides paranaenses* e *Hemmigramus marginatus*, mostrando altas e médias sobreposições, o que pode levar a competições interespecíficas.

Além de técnicas de forrageio generalistas, foi observado nos peixes desta espécie táticas alimentares oportunistas, como o comportamento de seguir, acurralar e predação pequenos raspadores de substrato (SAZIMA, 1986). Esta tática foi observada por Casatti *et al.* (2003) também no reservatório de Rosana, onde cerca de 20 a 30 indivíduos foram registrados na coluna da água pressionando pequenas presas no substrato contra as raízes de macrófitas. As presas eram compostas por larvas de Dípteras, Copepoda, Cladocera e Ostracoda.

Com relação a parte reprodutiva desta espécie, foi possível observar através de Santana *et al.* (2019) que se trata de uma espécie com atividade reprodutiva ao longo do ano todo. Observou-se atividades mais intensas entre os meses de janeiro e julho, porém, a taxa de fêmeas maduras perdurou o ano inteiro.

Com base no mesmo estudo, verificou-se uma taxa média de 191 oócitos por desova. Esses valores foram levantados na região nativa desta espécie, o que pode diferir dos locais em que ela foi introduzida. Ainda assim, é importante ressaltar que os indivíduos apresentam alto investimento na parte reprodutiva, o que é característico de espécies de pequeno porte, também realizam desova parcial e não apresentam cuidado parental.

Devido a esses fatores e muitos outros o Instituto Hórus, entre os anos de 2008 e 2009, realizou uma análise de risco com diversas espécies, potenciais ou não para invasão biológica. A espécie *Hyphessobrycon eques* pontuou 53.5% nas questões mediante a potencial de invasão, o que leva a classificação de uma espécie de alto risco, segundo o Instituto.

CONCLUSÃO

Portanto, o presente trabalho mostra uma preocupação com a possível propagação dessa espécie em regiões não nativas, visto ser uma espécie com um potencial de invasão elevado que podendo causar desestabilização a espécies nativas, trazendo problemas futuros ainda não mensurados. Faz-se necessário mais estudos acerca desta espécie com finalidade de traçar medidas de contenção para sua propagação, visando a conservação dos habitats e espécies.

REFERÊNCIAS

ANSP - **Ichthyology The Academy of Natural Sciences Fish Collection** (ANSP-Ichthyology) - Coleção de Peixes da Universidade Federal de Mato Grosso (CPUFMT), Coleção de Peixes DZSJRP (DZSJRP-Pisces), Museum of Comparative Zoology (HU-Zoo), Coleção de Peixes INPA (INPA-Peixes), Coleção de Peixes do Laboratório de Ictiologia de Ribeirão Preto (LIRP), Coleção de Peixes (MBML-Peixes), Coleção de Peixes (MCP-Peixes), Coleção de Peixes MHNCI (MHNCI-Peixes), Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Londrina - Coleção de Peixes (MZUEL-Peixes), Coleção de Peixes do Museu de Zoologia da USP (MZUSP), Coleção Ictiológica do Nupélia (NUP), Sistema de Informação do Programa Biota/Fapesp (SinBiota), Coleção de Peixes do Laboratório de Ictiologia Sistemática da Universidade Federal do Tocantins (UNT), NMNH Extant Specimen and Observation Records (US-Animalia), Coleção de Peixes do Museu de Zoologia da UNICAMP (ZUEC-PIS), Coleção Zoológica de Referência da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - Peixes (ZUFMS-PIS) disponível na rede speciesLink (<http://www.splink.org.br>) em 19 de Fevereiro de 2020 às 20:01

AGOSTINHO, A. A.; JULIO JR, H. F.; TORLONI, C. E. Impactos causados pela introdução e transferência de espécies aquáticas: uma síntese. VII Simpósio brasileiro de aquicultura. **Anais...** do VII Simpósio Brasileiro de Aquicultura. FEALQ, Piracicaba, Brasil, p. 59-75, 2000.

AIELLO-LAMMENS, Matthew E. et al. spThin: an R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. **Ecography**, v. 38, n. 5, p. 541-545, 2015.

ALMIRON, Adriana E. et al. A new species of Hyphessobrycon (Characiformes, Characidae) from the Esteros del Iberá wetlands, Argentina. **Revue suisse de Zoologie**, v. 111, n. 3, p. 673-682, 2004.

ALMIRON, Adriana E.; CASCIOTTA, Jorge R.; KORBER, Stefan. A new species of Hyphessobrycon (Characiformes, Characidae) from the río Uruguay basin, Argentina. **Revue suisse de Zoologie**, v. 113, n. 4, p. 889, 2006.

ARAÚJO, Miguel B.; PETERSON, A. Townsend. Usos e mau uso da modelagem bioclimática de envelopes. **Ecology**, v. 93, n. 7, p. 1527-1539, 2012.

AMBDATA. **AMBDATA** Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/Ambdata>> Acesso em: 15 de março de 2020.

BORIA, Robert A. et al. A filtragem espacial para reduzir o viés de amostragem pode melhorar o desempenho de modelos de nicho ecológico. **Modelagem ecológica**, v. 275, p. 73-77, 2014.

CASATTI, Lilian; MENDES, HF; FERREIRA, Katiane M. Macrófitas aquáticas como local de alimentação de pequenos peixes no reservatório de Rosana, rio

Paranapanema, sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 63, n. 2, pág. 213-222, 2003.

COURTENAY JR, W. R.; WILLIAMS, J. D. Dispersal of exotic species from aquaculture sources, with emphasis on freshwater fishes. In: Dispersal of living organisms into aquatic ecosystem. ROSENFELD A. & MANN R. (Eds.) Maryland: College Park, MA. **Sea Grant College Publication**, p 49-81, 1992.

DALAPICOLLA J. **Tutorial de modelos de distribuição de espécie: guia teórico. Laboratório de Mastozoologia e Biogeografia**, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. Disponível em: <http://blog.ufes.br/lamab/tutoriais>, p. 2, 2016

ENERGY, Duke. **Peixes do Rio Paranapanema**. São Paulo, Editora Horizonte. 120p, 2008.

ELITH, J., C. H. GRAHAM, R. P. ANDERSON, M. DUDÍK, S. FERRIER, A. GUISAN, R. J. HIJMANS, F. HUETTMMANN, J. R. LEATHWICK, A. LEHMANN, J. LI, L. G. LOHMANN, B. A. LOISELLE, G. MANION, C. MORITZ, M. NAKAMURA, Y. NAKAZAWA, J. M. OVERTON, A. T. PETERSON, S. J. PHILLIPS, K. S. RICHARDSON, R. SCACHETTIPEREIRA, R. E. SCHAPIRE, J. SOBERON, S. ENGER, E.D.; I.R. KORMELINK; B.F. SMITH; R.J. SMITH. **Environmental science: the study of interrelationships**. Dubuque, Iowa: C. Brown Publishers, WM p. 540, 1989.

FRANKLIN, J.; MILLER, J. A. Species distribution modelling. **Mapping species distributions**, p. 3-20, 2009.

FRANKLIN, Janet. **Mapping species distributions: spatial inference and prediction**. Cambridge University Press, 2010.

FULLER, P. L.; NICO, L G.; WILLIAMS, J. D. Nonindigenous fishes introduced into inland waters of the United States. **American Fisheries Society, Special Publication**. Bethesda – Maryland, 1999

GBIF.org (10 March 2020) GBIF Occurrence Download
<https://doi.org/10.15468/dl.reinpe>

GUISAN, Antoine; ZIMMERMANN, Niklaus E. Predictive habitat distribution models in ecology. **Ecological modelling**, v. 135, n. 2-3, p. 147-186, 2000.

GLOBAL. **GLOBAL CLIMATE DATE**, Disponível em: <<http://www.worldclim.org>>
Acesso em: 15 de Março de 2020.

JARDULI, Lucas Ribeiro et al. Fauna de peixes da bacia do rio Paranapanema, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 20, n. 1, 2020.

LIMA, Flávio César Thadeo de et al. Genera incertae sedis in Characidae. Check list of the freshwater fishes of South and Central America, Porto Alegre: Edipucrs, p. 729, 2003.

MACK, R. N. et al. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. **Ecological applications**, v. 10, n. 3, p. 689-710, 2000

METZ, C. E. 1986. ROC methodology in radiologic imaging. *Investigative Radiology* 21:720-733. Pearson RG, Dawson TE. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? **Global Ecology and Biogeography**, v. 12, p. 361–371, 2003.

PEARSON, Richard G.; DAWSON, Terence P. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? **Global ecology and biogeography**, v. 12, n. 5, p. 361-371, 2003.

PELICICE, FM; AGOSTINHO, AA Ecologia alimentar de peixes associados a *Egeria* spp. manchas em um reservatório tropical, Brasil. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 15, n. 1, pág. 10-19, 2006.

PHILLIPS, S. J., R. P. ANDERSON, and R. E. SCHAPIRE. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**, v.190 p. 231-259, 2006.

PIVELLO, Valéria R. Invasões biológicas no cerrado brasileiro: efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. **Ecologia Info**, v. 33, 2011.

RODRÍGUEZ, J. P. Exotic species introductions into South America: an underestimated threat? **Biodiversity & Conservation**, v. 10, n. 11, p. 1983-1996, 2001.

RUARO, Renata et al. Climate change will decrease the range of a keystone fish species in La Plata River Basin, South America. **Hydrobiologia**, v. 836, n. 1, p. 1-19, 2019.

SANTANA, CA; TONDATO, KK; SÚAREZ, YR Biologia reprodutiva de *Hypessobrycon eques* (Characiformes: Characidae) no Pantanal Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 79, n. 1, pág. 70-79, 2019.

SAZIMA, I. Similarities in feeding behaviour between some marine and freshwater fishes in two tropical communities. **Journal of Fish Biology**, v. 29, n. 1, p. 53-65, 1986.

WILLIAMS, M. S. WISZ, and N. E. ZIMMERMANN. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. **Ecography**, v. 29, p. 129-151, 2006.

WILLIAMSON, Mark; FITTER, Alastair. The varying success of invaders. **Ecology**, v. 77, n. 6, p. 1661-1666, 1996.