



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Guilherme Sanches Corrêa do Nascimento

**A methodological and practical take on an exhaustive
combination approach for ecological niche models applied in
Rhodniini tribe biogeographical patterns for paleoclimate
conditions**

Vitória, ES
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Guilherme Sanches Corrêa do Nascimento

**A methodological and practical take on an exhaustive
combination approach for ecological niche models applied in
Rhodniini tribe biogeographical patterns for paleoclimate
conditions**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação
em Ciências Biológicas (Biologia Animal) da
Universidade Federal do Espírito Santo como
requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Biologia Animal.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Rocha Leite

Vitória, ES
2023

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

D631 do Nascimento, Guilherme Sanches Corrêa, 1992-
m A methodological and practical take on an exhaustive combination approach for ecological niche models applied in Rhodniini tribe biogeographical patterns for paleoclimate conditions / Guilherme Sanches Corrêa do Nascimento. - 2023. 157 f. : il.

Orientador: Gustavo Rocha Leite.
Tese (Doutorado em Biologia Animal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Evolução (Biologia). 2. Ecologia. 3. Biogeografia. 4. Paleoclimatologia. 5. Nicho (Ecologia). 6. Barbeiro (inseto). I. Leite, Gustavo Rocha. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. III. Título.

CDU: 57

Guilherme Sanches Corrêa do Nascimento,

**“A methodological and practical take on an exhaustive combination
approach for ecological niche models applied in Rhodniini tribe
biogeographical patterns for paleoclimate conditions”**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Humanas e Naturais, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutora em Biologia Animal.

Aprovada em 29 de junho de 2023.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Gustavo Rocha Leite (UFES)
Orientador e Presidente

Profª Drª Ana Carolina Loss Rodrigues (UFES)
Examinadora Interna

Prof. Dr. Rodrigo Gurgel Gonçalves (UnB)
Examinador Externo

Prof. Dr. Alexandre Silva de Paula (UFOP)
Examinador Externo

Prof. Dr. David Eladio Gorla (CONICET)
Examinador Externo





Ficha de Aprovação - Guilherme Sanches Corrêa do Nascimento

Data e Hora de Criação: 16/06/2023 às 18:37:38

Documentos que originaram esse envelope:

- Ficha de Aprovação.pdf (Arquivo PDF) - 1 página(s)



Hashs únicas referente à esse envelope de documentos

[SHA256]: fdf1514a7017a7f7f4e07db223f45c86ca4fed6bccd2ee8e1d7fe7007344e814

[SHA512]: 05587565bdbf65773510db11445a260a7a9da0d9a765add818c7c625a11db8fa39f193b086a8dc74323b11c61fd02ddd681371acd6ae7914e953781efba5219

Lista de assinaturas solicitadas e associadas à esse envelope



ASSINADO - Alexandre Silva de Paula (alexandre.paula@ufop.edu.br)

Data/Hora: 29/06/2023 - 12:37:42, IP: 200.239.128.6

[SHA256]: fcdff14057fc9b3b2a232cdbc6880f990599c1e38eda5584b810a04e1e7245df



ASSINADO - Ana Carolina Loss Rodrigues (carolloss@gmail.com)

Data/Hora: 29/06/2023 - 12:38:00, IP: 152.248.121.191

[SHA256]: ab9191a6b1d54290cdf3f82a5d0190ed3851198965b04d3ff28251652077ec6



ASSINADO - David Eladio Gorla (david.gorla08@gmail.com)

Data/Hora: 29/06/2023 - 14:36:18, IP: 192.141.208.189, Geolocalização: [-31.1531, -64.3198]

[SHA256]: 280ce66e92adc6e0e3955b44ee0ad20dbbaa088506be7aa4517cd084b8a47ea5



ASSINADO - Rodrigo Gurgel Gonçalves (gurgelrg@hotmail.com)

Data/Hora: 29/06/2023 - 12:35:21, IP: 164.41.4.26, Geolocalização: [-15.769377, -47.867331]

[SHA256]: fb88b8548db37255672ddf65e2ffb09f1eaec078e9ca06782191250bd9d316b3



ASSINADO - Gustavo Rocha Leite (gustavo.leite@ufes.br)

Data/Hora: 29/06/2023 - 12:40:28, IP: 186.212.254.120, Geolocalização: [-20.247347, -40.265318]

[SHA256]: 9e1c5d7ae75ed3b233c78770f2837b3d24c4051252f5f8e9b819ebb02ddf4cd3

Histórico de eventos registrados neste envelope

29/06/2023 14:36:18 - Envelope finalizado por david.gorla08@gmail.com, IP 192.141.208.189

29/06/2023 14:36:18 - Assinatura realizada por david.gorla08@gmail.com, IP 192.141.208.189

29/06/2023 14:35:30 - Envelope visualizado por david.gorla08@gmail.com, IP 192.141.208.189

29/06/2023 12:40:28 - Assinatura realizada por gustavo.leite@ufes.br, IP 186.212.254.120

29/06/2023 12:40:03 - Envelope visualizado por gustavo.leite@ufes.br, IP 186.212.254.120

29/06/2023 12:38:00 - Assinatura realizada por carolloss@gmail.com, IP 152.248.121.191

29/06/2023 12:37:52 - Envelope visualizado por carolloss@gmail.com, IP 152.248.121.191

29/06/2023 12:37:42 - Assinatura realizada por alexandre.paula@ufop.edu.br, IP 200.239.128.6

29/06/2023 12:35:21 - Assinatura realizada por gurgelrg@hotmail.com, IP 164.41.4.26

29/06/2023 12:35:01 - Envelope visualizado por gurgelrg@hotmail.com, IP 164.41.4.26

29/06/2023 08:00:21 - Envelope registrado na Blockchain por notificacao@astenassinatura.com.br

29/06/2023 08:00:20 - Envelope encaminhado para assinaturas por notificacao@astenassinatura.com.br

16/06/2023 18:37:38 - Envelope criado por victor.prado@ufes.br, IP 200.137.65.103

Agradecimentos

Agradeço a minha mãe, Ana Sanches, por sempre estar do meu lado. Por ser uma amiga e por sempre encher a minha vida de arte, amor e carinho. Por cuidar das pessoas que estão ao seu redor com tanta alegria. Obrigado pela paciência de me ouvir falar sobre os meus problemas e fazer o máximo para conseguir achar soluções. Te amo muito.

Agradeço ao meu pai, Dudé, por ter sempre priorizado minha educação e por todo esforço que fez para me proporcionar as melhores oportunidades possíveis. Obrigado também pela alegria que demonstra ao me ver feliz.

Agradeço a minha noiva, Paula Padrão, por todo amor, carinho e companheirismo. Sua presença durante todo esse tempo me deu forças quando me senti mais inseguro, alegrou os meus dias e me fez ser uma pessoa mais feliz. Te amo muito.

Agradeço aos meus padrinhos Margareth e Antônio Sancio por serem segundos pais para mim. Por sempre estarem desejando o melhor para minha vida e por me ajudarem a conquistar meus sonhos, amo vocês.

Agradeço aos meus avôs Carlinhos e Nélia pela constante presença na minha vida. Pelo chá de hibisco, almoço de cada dia, por fazer roupa e bichos de madeira comigo e pelas histórias da Cava Roxa. Amo vocês.

Agradeço a minha família por todo o apoio e companhia, por me fazer sentir que todos os locais onde estão também é um pouco do meu lar. Ao meu irmão Lucas, meu afilhado João, todos os tios e primos da casa da vó Ormindia e Nélia, família da Paula e meus amigos. Não há maior riqueza que eu poderia ter do que vocês ao meu lado. Especialmente cito meu avô Jayme e meu tio Tonho, que vem passando por tempos difíceis, mas que sempre me ajudaram quando puderam, que são exemplos de força e perseverança e por quem tenho enorme carinho.

Agradeço ao meu orientador, Gustavo Rocha Leite, pela orientação desde a graduação até o doutorado. Obrigado pelos ensinamentos, pelo seu tempo, pelas oportunidades acadêmicas e pela participação na base da minha formação como pesquisador.

Agradeço aos integrantes do PPGBAN por manter o programa formando alunos na pós-graduação. Seus esforços criaram oportunidades para minha formação no mestrado e no doutorado, e por isso sou muito grato. Agradeço a todos os docentes, no doutorado em especial ao professor Albert Ditchfield e a professora Leonora Costa.

Agradeço as considerações dadas nas versões preliminares da pesquisa pela Dra. Ana Carolina Loss e pelo Prof. Cleber Galvão na disciplina de Seminários e pelo Prof. Paulo de Marco Jr. na Qualificação do doutorado. Agradeço também aos membros da banca por aceitarem participar da defesa, pelo seu tempo e atenção.

Agradeço a UFES, incluindo todos os servidores que compõem a universidade. Instituição onde tive acesso ao ensino público de qualidade na minha graduação e pós-graduação. Local onde estive vinculado por mais de dez anos e que é de grande relevância tanto na minha formação acadêmica quanto pessoal. Que esse espaço de aprendizado e de ensino gratuito se torne cada vez mais acessível para outros estudantes, que impacte a vida deles como impactou a minha.

Também agradeço aos pesquisadores que fornecem cursos, dados ou informações em fácil acesso. O curso ENM2020 de Peterson e colaboradores, acessado gratuitamente no youtube, em especial foi muito importante. Apesar de não participar oficialmente do curso, utilizei as palestras para desenvolver conceitos teóricos e práticos da metodologia aplicada na tese.

O presente trabalho utilizou dados de ocorrência de triatomíneos disponibilizados pela Superintendência de Controle de Endemias da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo (SUCEN). Agradeço a SUCEN pela gentileza em fornecer dados de interesse para o estudo e pela atenção dos profissionais envolvidos.

O presente doutorado e o artigo disposto no capítulo 2.2 foram financiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES). O apoio da FAPES foi essencial para viabilizar a formação acadêmica e a publicação científica advinda do projeto de pesquisa do doutorado.

Parte desse doutorado foi feito durante a pandemia da COVID-19, onde tive o privilégio de me manter seguro e amparado. Nesse mesmo momento, diversas pessoas lidavam com as questões da pandemia de forma direta e indireta. Homenageio as pessoas que perdemos nessa época e todos os que se esforçaram para lidar com os problemas advindos desse tempo tão difícil.

ENM2020: Peterson, A. Townsend, Matthew Aiello-Lammens, Giuseppe Amatulli, Robert Anderson, Marlon Cobos, José Alexandre Diniz-Filho, Luis Escobar, Xiao Feng, Janet Franklin, Luiz Gadelha, Damien Georges, M Guéguen, Tomer Gueta, Kate Ingenloff, Scott Jarvie, Laura Jiménez, Dirk Karger, Jamie Kass, Michael Kearney, Rafael Loyola, Fernando Machado-Stredel, Enrique Martínez-Meyer, Cory Merow, Maria Luiza Mondelli, Sara Mortara, Robert Muscarella, Corinne Myers, Babak Naimi, Daniel Noesgaard, Ian Ondo, Luis Osorio-Olvera, Hannah Owens, Richard Pearson, Gonzalo Pinilla-Buitrago, Andrea Sánchez-Tapia, Erin Saupe, Wilfried Thuiller, Sara Varela, Dan Warren, John Wieczorek, Katherine Yates, Gengping Zhu, Gabriela Zuquim, and Damaris Zurell. 2022. "ENM2020: A Free Online Course and Set of Resources on Modeling Species' Niches and Distributions". *Biodiversity Informatics* 17 (March):1-9. <https://doi.org/10.17161/bi.v17i.15016>.

Sumário

Cap 1: Traits of parameters combination in ecological niche model and prospect on dealing with exhaustive approaches -----	13
- Abstract: -----	14
- Resumo: -----	15
- Introduction: -----	16
- Methods: -----	17
- Results: -----	18
- Discussion: -----	22
- References: -----	26
- Supplementary information 1 (SI.1)– Correlation between 17 explanatory variables for ENMs -----	29
- Supplementary information 2 (SI.2) – Model A based on different regularization multipliers and its correlation trends -----	32
- Supplementary information 3 (SI.3) – Model B based on different regularization multipliers and its correlation trends -----	33
- Supplementary information 4 (SI.4) – Model C based on different regularization multipliers and its correlation trends -----	34
Cap 2: Grinnellian niche spatiotemporal stability applied to neotropical species: Methodological approach on binary models and application on paleo conditions for kissing bugs -----	35
Cap 2.1: Binary approaches of niche spatiotemporal stability maps in geographic space through time -----	36
- Abstract: -----	36
- Resumo: -----	37
- Introduction: -----	38
- Methods: -----	39
- Sum of Binary Differentiated Time ENMs: -----	39
- Indication of Spatiotemporal Stable Areas of Interest: -----	40
- Results: -----	42
- Sum of Binary Differentiated Time ENMs: -----	42
- Indication of Spatiotemporal Stable Areas of Interest: -----	43
- Simple Sum of Binary ENMs: -----	43
- Discussion: -----	45
- References: -----	48
Cap 2.2: First application on niche temporal stability in geographic space from last glacial maximum to the Anthropocene for <i>Rhodnius domesticus</i> Neiva & Pinto, 1923: “Current and paleoclimate models for an Atlantic Forest kissing bug indicate broader distribution outside biome delimitations” -----	51

-	Resumo:-----	52
-	Current and paleoclimate models for an Atlantic Forest kissing bug indicate broader distribution outside biome delimitations-----	53
-	Abstract:-----	53
-	Introduction:-----	54
-	Materials and methods:-----	54
	- Species and study area:-----	54
	- <i>Rhodnius domesticus</i> occurrence information:-----	54
	- Ecological Niche Models (ENMs):-----	56
	- Environmental data:-----	56
	- ENMs choice of predictable variables, parameters and evaluation:-----	56
	- ENMs transfer and extrapolation risk analyses:-----	57
	- Binary ENMs:-----	57
-	Results:-----	57
	- <i>Rhodnius domesticus</i> occurrence data:-----	57
	- Ecological Niche Models (ENMs):-----	58
-	Discussion:-----	58
	- <i>R. domesticus</i> occurrence records:-----	58
	- Ecological Niche Models (ENMs):-----	60
-	Data availability statement:-----	64
-	Author contributions:-----	64
-	Funding:-----	64
-	Acknowledgments:-----	64
-	Conflict of interest:-----	64
-	Publisher's note:-----	64
-	Supplementary material:-----	64
-	References:-----	64

Cap 2.3: Using Grinnellian niche temporal stability in geographic space to identify spatial patterns in *Rhodnius* Pinto, 1926, suitability from last glacial maximum to the Anthropocene-----

-	Abstract:-----	67
-	Resumo:-----	68
-	Introduction:-----	69
-	Methods:-----	70
	- Species, occurrence data and study area:-----	70
	- Environmental data and Ecological Niche Models (ENMs):-----	70
	- Dealing with source models' deviation from average final models:-----	71
-	Results:-----	73
	- Species occurrence data:-----	73
	- <i>Rhodnius brethesi</i> :-----	74
	- <i>Rhodnius colombiensis</i> :-----	74
	- <i>Rhodnius ecuadoriensis</i> :-----	75
	- <i>Rhodnius nasutus</i> :-----	75
	- <i>Rhodnius neglectus</i> :-----	76
	- <i>Rhodnius neivai</i> :-----	76

- <i>Rhodnius pallescens</i> :	77
- <i>Rhodnius stali</i> :	77
- <i>Psammolestes arthuri</i> :	78
- <i>Psammolestes coreodes</i> :	78
- <i>Psammolestes tertius</i> :	79
- Ecological Niche Models (ENMs):	79
- <i>Rhodnius brethesi</i> :	80
- <i>Rhodnius colombiensis</i> :	80
- <i>Rhodnius ecuadoriensis</i> :	80
- <i>Rhodnius nasutus</i> :	81
- <i>Rhodnius neglectus</i> :	81
- <i>Rhodnius neivai</i> :	82
- <i>Rhodnius pallescens</i> :	83
- <i>Rhodnius stali</i> :	83
- <i>Psammolestes arthuri</i> :	83
- <i>Psammolestes coreodes</i> :	84
- <i>Psammolestes tertius</i> :	84
- Clustering analyses:	85
Discussion:	86
- <i>Rhodnius brethesi</i> :	86
- <i>Rhodnius colombiensis</i> :	88
- <i>Rhodnius ecuadoriensis</i> :	90
- <i>Rhodnius nasutus</i> :	92
- <i>Rhodnius neglectus</i> :	94
- <i>Rhodnius neivai</i> :	96
- <i>Rhodnius pallescens</i> :	100
- <i>Rhodnius stali</i> :	102
- <i>Psammolestes arthuri</i> :	102
- <i>Psammolestes coreodes</i> :	104
- <i>Psammolestes tertius</i> :	106
- General trends from current and paleo ENMs for Rhodniini species:	109
- References:	112
- Supplementary Information 1 (SI1) – R Code for clustering analyses	119
- Supplementary Information 2 (SI2) – <i>Rhodnius brethesi</i> average ENMs, standard deviation model and strict extrapolation areas	120
- Supplementary Information 3 (SI3) – <i>Rhodnius colombiensis</i> average ENMs, standard deviation model and strict extrapolation areas	122
- Supplementary Information 4 (SI4) – <i>Rhodnius ecuadoriensis</i> average ENMs and strict extrapolation areas	124
- Supplementary Information 5 (SI5) – <i>Rhodnius nasutus</i> average ENMs and strict extrapolation areas	125
- Supplementary Information 6 (SI6) – <i>Rhodnius neglectus</i> average ENMs and strict extrapolation areas	126
- Supplementary Information 7 (SI7) – <i>Rhodnius neivai</i> Model A average ENMs, standard deviation model and strict extrapolation areas	127
- Supplementary Information 8 (SI8) – <i>Rhodnius neivai</i> Model B average ENMs, standard deviation model and strict extrapolation areas	129

- Supplementary Information 9 (SI9) – *Rhodnius neivai* Model C average ENMs and strict extrapolation areas-----131
- Supplementary Information 10 (SI10) – *Rhodnius pallescens* average ENMs and strict extrapolation areas-----132
- Supplementary Information 11 (SI11) – *Psammolestes arthuri* average ENMs and strict extrapolation areas-----133
- Supplementary Information 12 (SI12) – *Psammolestes coreodes* Model A average ENMs and strict extrapolation areas-----134
- Supplementary Information 13 (SI13) – *Psammolestes coreodes* Model B average ENMs and strict extrapolation areas-----135
- Supplementary Information 14 (SI14) – *Psammolestes tertius* average ENMs and strict extrapolation areas-----136

Cap 3: Exploring speciation related to Neotropical Paleogeographic events based on species evolutionary history in Rhodniini tribe-----137

- Abstract:-----138
- Resumo:-----139
- Introduction:-----140
- Methods:-----14
- Result:-----142
- Discussion:-----144
 - *Rhodnius pallescens*:-----144
 - *Rhodnius domesticus* and *Rhodnius neivai*:-----146
 - General considerations:-----150
- References:-----150
- Supplementary Information 1 (SI1) – *Rhodnius pallescences* average ENMs, standard deviation model and strict extrapolation areas-----154
- Supplementary Information 2 (SI2) – *Rhodnius domesticus* Model I ENMs and strict extrapolation areas-----155
- Supplementary Information 3 (SI3) – *Rhodnius domesticus* Model II average ENMs, standard deviation model and strict extrapolation areas-----156
- Supplementary Information 4 (SI4) – *Rhodnius neivai* average ENMs, standard deviation model and strict extrapolation areas-----157

Lista de tabelas

- **Cap 1:**
 - Table 1 - Correlation deletion traits of seventeen bioclimatic variables for twelve species of Rhodniini.-----20**

Lista de figuras

- Cap 1:	
Figure 1 - Number of predictor variables sets derived from a combination of nineteen bioclimatic variables commonly used in ecological niche models-----	19
Figure 2 - Graphs of Correlated Percentages between the seventeen bioclimatic variables in 5-min resolution for the twelve Rhodniini species previous study given four different correlation thresholds-----	21
Figure 3 - Correlation matrix for <i>Rhodnius domesticus</i> ENMs using regularization multipliers from 0.1, 0.5 - 10 with 0.5 intervals.-----	23
- Cap 2:	
- Cap 2.1:	
Figure 1 - Explanation of model/code logic with variables definition based on five-time scenario example.-----	41
Figure 2 - Panel of models related to binary ecological niche models overlap in suitability through time in the example of a five-time scenarios, darker to whiter colors indicate higher to smaller values-----	44
Figure 3 - Indication of suitable areas continuity aspects given five-time scenarios.-----	46
- Cap 2.2:	
Figure 1 - Spatial data and Ecological Niche models (ENMs) results for <i>Rhodnius domesticus</i> .-----	55
Figure 2 - Average Ecological Niche Model (ENM) and standard deviation models for <i>Rhodnius domesticus</i> transfers in different spatial and temporal scenarios.-----	59
Figure 3 - Models of binary consensus through time.-----	60
- Cap 2.3:	
Figure 1 - Table summarizing the transformation of correlation values for dissimilarity matrix of hierarchical cluster analyses.-----	73
Figure 2 - Maps on <i>Rhodnius brethesi</i> known distribution-----	74
Figure 3 - Maps on <i>Rhodnius colombiensis</i> known distribution-----	74
Figure 4 - Maps on <i>Rhodnius ecuadoriensis</i> known distribution-----	75
Figure 5 - Maps on <i>Rhodnius nasutus</i> known distribution-----	75
Figure 6 - Maps on <i>Rhodnius neglectus</i> known distribution-----	76
Figure 7 - Maps on <i>Rhodnius neivai</i> known distribution-----	77
Figure 8 - Maps on <i>Rhodnius pallescens</i> known distribution-----	77
Figure 9 - Maps on <i>Rhodnius stali</i> known distribution-----	78
Figure 10 - Maps on <i>Psammolestes arthuri</i> known distribution-----	78
Figure 11 - Maps on <i>Psammolestes coreodes</i> known distribution-----	79
Figure 12 - Maps on <i>Psammolestes tertius</i> known distribution-----	79
Figure 13 - Cluster analyses results for <i>Rhodnius neivai</i> models-----	86
Figure 14 - Maps on <i>Rhodnius brethesi</i> known distribution, ecological niche model (ENM) and uncertainty evaluation-----	87

Figure 15 - Models of binary consensus through time for <i>Rhodnius brethesi</i> -----	88
Figure 16 - Maps on <i>Rhodnius colombiensis</i> known distribution, ecological niche model (ENM) and uncertainty evaluation-----	89
Figure 17 - Models of binary consensus through time for <i>Rhodnius colombiensis</i> -----	90
Figure 18 - Maps on <i>Rhodnius ecuadoriensis</i> known distribution, ecological niche model (ENM) and uncertainty evaluation-----	91
Figure 19 - Models of binary consensus through time for <i>Rhodnius ecuadoriensis</i> -----	92
Figure 20 - Maps on <i>Rhodnius nasutus</i> known distribution, ecological niche model (ENM) and uncertainty evaluation-----	93
Figure 21 - Models of binary consensus through time for <i>Rhodnius nasutus</i> -----	94
Figure 22 - Maps on <i>Rhodnius neglectus</i> known distribution, ecological niche model (ENM) and uncertainty evaluation-----	95
Figure 23 - Models of binary consensus through time for <i>Rhodnius neglectus</i> -----	96
Figure 24 - Maps on <i>Rhodnius neivai</i> known distribution, ecological niche model (ENM) average from all source models and uncertainty evaluation-----	97
Figure 25 - Models of binary consensus through time for <i>Rhodnius neivai</i> -----	99
Figure 26 - Maps on <i>Rhodnius pallescens</i> known distribution, ecological niche model (ENMs) and uncertainty evaluation-----	100
Figure 27 - Models of binary consensus through time for <i>Rhodnius Pallescens</i> -----	101
Figure 28 - Maps on <i>Psammolestes arthuri</i> known distribution, ecological niche model (ENMs) and uncertainty evaluation-----	103
Figure 29 - Models of binary consensus through time for <i>Psammolestes arthuri</i> -----	104
Figure 30 - Maps on <i>Psammolestes coreodes</i> known distribution, ecological niche model (ENM) average from all source models and uncertainty evaluation-----	105
Figure 31 - Models of binary consensus through time for <i>Psammolestes coreodes</i> -----	106
Figure 32 - Maps on <i>Psammolestes tertius</i> known distribution, ecological niche model (ENMs) and uncertainty evaluation-----	107
Figure 33 - Models of binary consensus through time for <i>Psammolestes tertius</i> -----	108

- Cap 3:

Figure 1 - Binary ecological niche models (ENMs) for <i>Rhodnius pallescens</i> -----	146
Figure 2 - Binary overlap models based on ecological niche models (ENMs) for <i>Rhodnius neivai</i> and <i>Rhodnius domesticus</i> -----	149

Resumo da tese: O presente estudo utiliza modelos de nicho ecológico (ENMs) para investigar a biogeografia histórica de espécies neotropicais. Aplicamos método de combinação de variáveis preditoras e parâmetros do Maxent para selecionar ENMs e propomos estratégias para enfrentar desafios associados a abordagem exaustiva na produção e validação de modelos. Nossas análises são baseadas em barbeiros neotropicais que compõem a tribo Rhodniini Pinto 1926, que apresentam diversos padrões de distribuição na região. Para explorar as características de distribuição, incluindo adequabilidade espacial pelo tempo, desenvolvemos ENMs binários e discutimos aspectos metodológicos da mudança de distribuição.

Este estudo está dividido em três capítulos:

O capítulo um examina a combinação de variáveis ambientais, *feature classes*, e *regularization multipliers*, indicando suas características e propondo o desenvolvimento inicial de estratégias para lidar com a natureza intensiva de consumo de tempo e hardware da abordagem aplicada.

O capítulo dois foca na estabilidade das condições de ocorrência das espécies da tribo Rhodniini a partir do último máximo glacial, compreendendo três tópicos:

- 2.1 Introduz o método proposto para acessar estabilidade de áreas adequadas para condições atuais dados vários cenários temporais prévios.
- 2.2 Apresenta nosso artigo publicado que investiga padrões de estabilidade para *Rhodnius domesticus*.
- 2.3 Expande a análise para outras espécies da tribo Rhodniini e propõe uma nova etapa envolvendo média final dos ENMs.

O capítulo três explora a distribuição de adequação durante o Pleistoceno e o Plioceno para *Rhodnius pallescens*, *Rhodnius neivai* e *Rhodnius domesticus*. Esta investigação examina as relações de eventos de especiação com fenômenos geológicos neotropicais, como soerguimentos Andinos, Istmo do Panamá e o sistema Acre.

Em todos os capítulos, reconhecemos limitações associadas à aplicação e compilação de ENMs. No entanto, desenvolvemos estratégias metodológicas que podem ser úteis e enfatizamos o papel significativo das mudanças climáticas na biogeografia das espécies neotropicais.

Palavras chaves: Modelos de nicho ecológico; Rhodniini; Maxent; Região neotropical; Paleoclima; Biogeografia Histórica.

Thesis abstract: The present study utilizes ecological niche models (ENMs) to investigate the historical biogeography of neotropical species. We apply a combination method of variable predictor and Maxent parameters to select ENMs and we deal with strategies to address the challenges associated with exhaustive approaches in model building and evaluation. We base our analyses in neotropical kissing bugs belonging to the Rhodniini tribe Pinto, 1926, which exhibit diverse regional distribution patterns. To explore distribution traits, including time-spatial suitability, we develop binary ENMs and discuss methodological aspects of assessing range shifts.

The study is divided into three chapters:

Chapter One examines the combination of environmental variable, feature classes, and regularization multipliers, indicating its traits and proposing early strategies to manage the time and hardware-intensive nature of the approach.

Chapter Two focuses on the stability of suitable conditions for Rhodniini species since the last glacial maximum, covering three topics:

- 2.1 Introduces the proposed method to assess the stability of suitable areas for the current distribution across various time scenarios.
- 2.2 Presents our published article that investigates stability patterns for *Rhodnius domesticus*.
- 2.3 Expands the analyses to other Rhodniini species and proposes a new step involving averaging final ENMs.

Chapter Three explores the suitable distribution during the Pleistocene and Pliocene for *Rhodnius pallescens*, *Rhodnius neivai*, and *Rhodnius domesticus*. This investigation examines their relationships with speciation events resulting from neotropical geological phenomena, such as the Andean uplift, the Panama Isthmus, and the Acre system.

Throughout all chapters, we acknowledge limitations associated with ENMs application and compilation. Nonetheless, we have developed methodological strategies that may prove helpful and emphasize the significant role of climate change in the biogeography of neotropical species.

Keywords: Ecological niche models; Rhodniini; Maxent; Neotropical region; Paleoclimate; Historical biogeography.