

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE**

**Biogeografia das formigas do gênero *Neoponera* Emery, 1901
(Formicidae: Ponerinae): modelagem bioclimática para predição de áreas
prioritárias à conservação nos biomas do Brasil**

Orientador/e-mail: Jacques Charles Hubert Delabie/ jacques.delabie@gmail.com

Coorientador/e-mail: Alexandre Arnhold/ alexarnhold@gmail.com

Nome do Candidato/e-mail: Priscila Santos Silva/ pssilva@uesc.br

Nível: Doutorado

Linha de pesquisa do curso na qual o projeto se encaixa: Ecologia e conservação de populações.

Ilhéus, 24/10/2018

RESUMO

O clima exerce controle predominante sobre a distribuição das espécies e oscilações climáticas (temperatura e precipitações) podem alterar o funcionamento dos ecossistemas em níveis ecológico e evolutivo. Organismos dominantes e ocupando diferentes níveis tróficos, as formigas controlam direta ou indiretamente a disponibilidade de recursos para outros organismos. O gênero *Neoponera* ocupa diferentes nichos das florestas do Novo Mundo e apresenta morfologias e comportamentos diversificados. É um dos grupos de formigas mais ameaçado pela fragmentação florestal e pelas mudanças climáticas. O objetivo deste projeto é estudar a distribuição geográfica de espécies de *Neoponera* nos biomas brasileiros com base na sua ocorrência atual e, com o auxílio de modelos climáticos preditivos, projetar distribuições potenciais futuras até o final do século XXI, a fim de identificar as áreas mais prováveis de ocorrência para estas espécies e sugerir áreas prioritárias à conservação. Os dados sobre a ocorrência do gênero *Neoponera* serão levantados em coleções entomológicas no Brasil, banco de dados na internet e literatura. Serão extraídas do *WorldClim* 19 variáveis bioclimáticas para informações de dados atuais. Os dados climáticos futuros serão extrapolados a partir do modelo climático global HadGEM2-ES do IPCC AR5 para cenários de emissão RPC 4.5 e 8.5, ano de 2070. Os modelos atuais e futuros serão gerados pelo algoritmo MaxEnt® versão 3.4.0. O estudo permitirá extrapolar como irão evoluir as florestas brasileiras no futuro em função das mudanças climáticas e fornecer subsídios para embasar medidas legais visando à implantação de unidades de conservação.

Palavras-chave: Modelagem, Mudanças climáticas, Cenários futuros, RCPs, Envelope bioclimático, Distribuição potencial

INTRODUÇÃO

É uma premissa central da biogeografia que o clima exerce controle dominante sobre a distribuição natural das espécies (Pearson e Dawson, 2003). Oscilações nas temperaturas médias globais modificam a composição dos ecossistemas ampliando seus impactos a nível ecológico e evolutivo (Parmesan e Yohe, 2003). A temperatura tem forte influência sobre a biologia das espécies, acarretando limitações para sua ocorrência, especialmente no que concerne à escolha de habitats adequados (Chown et al., 2010; Moritz et al., 2012; Valiente-Banuet et al., 2015).

Uma maneira de avaliar alterações na biodiversidade é utilizar espécies, ou grupo de espécies, que funcionam como bioindicadoras de degradação ambiental, como as formigas (Schmidt et al., 2013). As formigas tropicais são sensíveis à mudança climática global em curso, que pode estar relacionada à alterações nos habitats da floresta primitiva após a

fragmentação (Diamond et al., 2012; Bieber et al., 2014). Pode-se esperar que em áreas onde a fragmentação artificial da paisagem seja dominante e os usos da terra seja excessivo e desordenado, as espécies não conseguirão migrar a um ritmo suficiente de forma que acompanhem as mudanças climáticas (Pearson e Dawson, 2003).

Estudos sobre modelos bioclimáticos (Beerling et al., 1995; Pearson et al., 2002) foram bem sucedidos e demonstraram boa concordância entre as distribuições observadas e as variáveis climáticas. Conforme sugerem Pearson e Dawson (2003), os modelos de envelope bioclimático não levam em conta a dispersão de espécies, mas, ao contrário, visam prever o alcance potencial dos organismos sob clima alterado.

Durante os séculos XX e XXI tem-se observado taxas de aquecimento nos extremos de temperatura mínima e as temperaturas máximas também mostram tendência a aumento, embora de menor magnitude (Ambrizzi et al., 2017). O Painel Intergovernamental para mudanças no Clima (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC), que analisa os impactos futuros tendo como base diferentes cenários de emissão de gases de efeito estufa, desenvolveu cenários climáticos e socioeconômicos representativos de tendências, os Representative Concentration Pathways (RCPs), considerando: RCP 8.5 (altas emissões); RCP 6.0 (emissões intermediárias); RCP4.5 (emissões intermediárias-baixas); e RCP 2.6 (baixas emissões). Em relação aos impactos da mudança do clima no Brasil, foi observado que as alterações no clima futuro podem levar à retração do nicho climático das formações florestais e à expansão das vegetações abertas, de modo que essas alterações atingirão diferentemente os biomas brasileiros (Brasil, 2016).

Engenheiros do ecossistema e ocupando diferentes níveis tróficos (Dejean et al., 2014), as formigas controlam direta ou indiretamente a disponibilidade de recursos para outros organismos, causando mudanças físicas no estado de materiais bióticos ou abióticos (Jones et al., 1997). Pertencente à subfamília Ponerinae, o gênero *Neoponera* ocupa diferentes nichos das florestas do Novo Mundo e apresenta morfologias e comportamentos diversificados (Schmidt e Shattuck, 2014). É um dos grupos de formigas certamente mais ameaçado pela fragmentação florestal e pelas mudanças climáticas (Capiolo et al., 2015). Contudo, a maior parte dos estudos sobre *Neoponera* traz abordagens sobre morfologia, taxonomia (Mackay e Mackay, 2010) e genética do grupo (Santos et al., 2018), ainda sendo escassas informações sobre distribuição e ecologia.

OBJETIVOS

Geral: Estudar a distribuição geográfica para espécies de *Neoponera* nos biomas do Brasil a partir da descrição de sua ocorrência atual e da utilização de modelos climáticos preditivos, analisando as simulações do clima presente e suas projeções até o final do século XXI, a fim de identificar as áreas apropriadas para estas espécies e sugerir áreas prioritárias à conservação.

Específicos:

- 1- Descrever a distribuição geográfica atual para as espécies do gênero *Neoponera* no Brasil
- 2- Desenvolver cenários de distribuição potencial atual para essas espécies.
- 3- Projetar cenários futuros para as espécies de *Neoponera* com base em diferentes projeções das mudanças climáticas previstas para o final do século XXI: um cenário pessimista com elevação da temperatura global em até 3°C e um segundo cenário intermediário, mais otimista, com elevação da temperatura global em até 1,5 °C, segundo o quinto relatório do IPCC.
- 4- Comparar as áreas de adequabilidade ambiental para os cenários atual e futuro.
- 5- Inferir como se comportará o nicho climático das formações florestais nos diferentes biomas brasileiros indicando áreas prioritárias à conservação.

JUSTIFICATIVA

O conhecimento sobre a distribuição geográfica de uma espécie é considerado fundamental para um estudo de conservação, da mesma forma que o conhecimento sobre sua história natural e sua biologia (Papes e Gaubert, 2007). Uma vez que as formigas respondem a uma série de perturbações e possuem alto valor ecológico e econômico, a partir da premissa de que elas influenciam o ambiente em que se encontram (regulando populações de outros organismos, aerando o solo, etc.) (Ribas et al., 2012; Nakano et al., 2013), é pertinente uma abordagem sobre como os eventos naturais e/ou eventos provocados pela ação humana afetam o clima, as florestas e, conseqüentemente, a distribuição dessas espécies. Particularmente, as formigas são organismos fiéis para determinado tipo de habitat, podendo

permitir inferências válidas sobre o processo de recuperação de uma área (Schmidt et al., 2013). Entre estas, vale destacar o papel das formigas do gênero *Neoponera* como indicadores de mudança e/ou conservação ambiental.

Nesse contexto, é fundamental entender como os diferentes processos que controlam as distribuições ocorrem para se tentar prever mudanças futuras, uma vez que diferentes respostas ecológicas podem surgir em consequência das alterações climáticas, tais como adaptação as novas condições, redução ou expansão populacional, podendo ainda ocorrer migrações para habitats climaticamente mais favoráveis e, na pior das hipóteses, extinções (Parmesan e Yohe 2003; Diniz-Filho e Araujo, 2010; Chown et al., 2010; Moritz et al., 2012; Valiente-Banuet et al., 2015).

Assim, a partir dos modelos desenvolvidos com base na ocorrência das espécies de formigas do gênero *Neoponera*, esse estudo permitirá extrapolar como irão evoluir as florestas no futuro em função das mudanças climáticas, além disso – conforme sugerem Delabie et al (2015) a respeito do grupo – poderá fornecer subsídios para embasar medidas legais visando à implantação de unidades de conservação.

METODOLOGIA

Área de estudo:

O Brasil com 8.515.759,090 km² de extensão, é o quinto maior país do mundo, estando localizado na América do Sul (IBGE, 2018). Possui clima diversificado: equatorial, tropical, tropical de altitude, tropical úmido, subtropical e semiárido; e biomas abrangendo Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica, Cerrado, Pampa e Pantanal.

Coleta de dados

Dados bióticos

Os dados sobre a ocorrência do gênero *Neoponera* para o Brasil serão levantados com análise de espécimes depositados nas coleções de Mirmecologia do Centro de Pesquisa do Cacau (CPDC), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), Universidade Federal de Viçosa (UFV/LABECOL), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e Museu Paraense Emílio Goeldi, buscando informações sobre as localidades de coleta dos espécimes e as coordenadas geográficas. Também serão compilados dados de ocorrência

a partir das redes ANTWEB (www.antweb.org) e Global Biodiversity Information Facility (GBIF - <http://www.gbif.org>) e dados de ocorrência de literatura, utilizando como palavra-chave o nome das espécies, levando-se em conta a pesquisa com nome anterior, antes da mudança taxonômica das mesmas do gênero *Pachycondyla* para o gênero *Neoponera*. Este levantamento permitirá a realização de um banco de dados de ocorrência das espécies, indicando localidade, município, Estado e coordenadas geográficas para a descrição da distribuição geográfica do gênero no Brasil.

Dados abióticos

As informações sobre as variáveis climáticas serão extraídas do *WorldClim* <<http://www.worldclim.org/>> (Hijmans *et al*, 2005), que disponibiliza variáveis bioclimáticas com resolução espacial de 30 segundos de arco (cerca de 1 Km). Os dados climáticos do presente consistirão em uma interpolação a partir de dados de estações meteorológicas fixas e distribuídas por todo o globo (Hijmans *et al.*, 2005), sendo 19 variáveis obtidas a partir do *WorldClim* – Global Climate Data (Tabela 1). Já os dados climáticos futuros consistirão de extrapolações derivadas do modelo climático global HadGEM2-ES do IPCC AR5 (Fifth Assessment Report – AR5, 2014), para cenários de emissão RPC 4.5 e 8.5, ano de 2070. Os RCPs representam diferentes trajetórias de concentração dos gases de efeito estufa no clima futuro (Van Vuuren *et al.*, 2011; Taylor *et al.*, 2012). O cenário RCP 8.5 corresponde a altos valores de emissões, seria um cenário pessimista com elevação da temperatura global em até 3°C; enquanto o cenário RCP 4.5 corresponde a emissões média-baixas, um cenário intermediário, porém mais otimista, com elevação da temperatura global em até 1,5°C.

Tabela 1- Lista de camadas bioclimáticas

Nº	Informação Climática
Bio1	Temperatura média anual
Bio2	Faixa de meio dia (temperatura máxima - Temp min; médio mensal)
Bio3	Isotermalidade (BIO1 / Bio7) * 100
Bio4	Sazonalidade de temperatura (coeficiente de variação)
Bio5	Temperatura máxima do período mais quente
Bio6	Temperatura mínima do período frio
Bio7	Gama anual de temperatura (BIO5-BIO6)
Bio8	Temperatura média do trimestre mais chuvoso

Bio9	Temperatura média do trimestre mais seco
Bio10	Temperatura média do trimestre mais quente
Bio11	Temperatura média do trimestre mais frio
Bio12	Precipitação anual
Bio13	Precipitação da estação chuvosa
Bio14	Precipitação do período seco
Bio15	Sazonalidade da precipitação (Coeficiente de Variação)
Bio16	Precipitação do trimestre mais chuvoso
Bio17	Precipitação do trimestre mais seco
Bio18	Precipitação do trimestre mais quente
Bio19	Precipitação do trimestre mais frio

Fonte: WorldClim/Bioclim.org

Elaboração dos modelos

Os dados de ocorrência levantados nas coleções serão analisados e organizados para a elaboração dos modelos, juntamente com os dados climáticos. Os modelos atuais e futuros serão gerados a partir do algoritmo MaxEnt® versão 3.4.0 (Phillips et al., 2006). Para avaliar a qualidade dos modelos, empregaremos a curva ROC (*Receiver Operating Characteristics*) e a área sob curva AUC (*Area Under Curve*) (Fielding e Bell, 1997). Os modelos de distribuição de *Neoponera* gerados pelo Modelo de Máxima Entropia e Distribuição Potencial (MaxEnt) serão ajustados no software computacional ArcGis® versão 10.5.

FONTES EM QUE PRETENDE PEDIR FINANCIAMENTO: FAPESB, CNPq

REFERÊNCIAS

- AMBRIZZI, T.; ARAUJO, M.; FERRAZ, S.; MORAES, O. Observações e atribuição de causas da variabilidade e extremos climáticos. In: *Mudanças climáticas em rede: um olhar interdisciplinar* / Carlos A. Nobre e José A. Marengo (orgs). São José dos Campos, SP: INCT, 608 p. 2017.
- BEERLING, D.J.; HUNTLEY, B.; BAILEY, J.P. Climate and the distribution of *Fallopia japonica*: use of an introduced species to test the predictive capacity of response surfaces. *Journal of Vegetation Science*, 6, 269–282. 1995

BIEBER, A.G.; SILVA, P.S.D.; SENDOYA, S.F.; OLIVEIRA, P.S. Assessing the Impact of Deforestation of the Atlantic Rainforest on Ant-Fruit Interactions: A Field Experiment Using Synthetic Fruits. *Plos One*. 2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. Modelagem climática e vulnerabilidades Setoriais à mudança do clima no Brasil / *Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação*. 2016.

CAMPIOLO, S.; ROSARIO, N.A.; STENZEL, G.M.R.; FEITOSA, R. & DELABIE, J.H.C. 2015. Conservação de Poneromorfos no Brasil. pp. 447-462, In: DELABIE, J.H.C.; FEITOSA, R.M.; SERRÃO, J.E.; MARIANO, C.S.F. & MAJER, J.D. (org.). *As formigas Poneromorfos do Brasil*. Editus, Ilhéus-BA, Brasil, 477pp. ISBN: 978-85-7455-398-6, doi: 32400/files/poneromorfos_brasil.pdf

CHOWN, S. L.; HOFFMANN, A. A.; KRISTENSEN, T.N.; ANGILLET JR. M.J.; STENSETH, N.C.; PERTOLD, C. Adapting to climate change: a perspective from evolutionary physiology. *Climate Research*, v. 43, n. 1/2, p. 3-15, 2010.

DEJEAN, A.; LABRIÈRE, N.; TOUCHARD, A.; PETITCLERC, F.; ROUX, O. Nesting habits shape feeding preferences and predatory behavior in an ant genus. *Naturwissenschaften* (2014) 101:323–330. 2014.

DELABIE, J.H.C.; FEITOSA, R.M.; SERRÃO, J.E.; MARIANO, C.S.F. & MAJER, J.D. (org.). *As formigas Poneromorfos do Brasil*. Editus, Ilhéus-BA, Brasil, 477pp. 2015.

DIAMOND, S.E.; SORGER, D.M.; HULCR, J.I.R.I.; PELINI, S.L.; TORO, I.; HIRSCH, C.; OBERG, E.; DUNN, R.R. Who likes it hot? A global analysis of the climatic, ecological, and evolutionary determinants of warming tolerance in ants. *Global Change Biology*. 18, 448-456. 2012.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; ARAUJO, M.B. Macroecologia e Mudanças Climáticas. In: CARVALHO, C.J.B.; ALMEIDA, E.A.B. *Biogeografia da América do Sul, Padrões e Processos*. Ed. Roca, p. 151-161. 2010.

FIELDING, A. H.; BELL, J. F. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, v. 24, p. 38-49, 1997.

HIJMANS, R.J.; CAMERON, S.E.; PARRA, J.L.; JONES, P.G.; JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978, 2005.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: FIELD, C. B. *et al.* (Eds.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 1132 p. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial>. Acessado em: 17 de outubro de 2018.

JONES, C.G.; LAWTON, J.H.; SHACHAK, M. Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. *Ecology* 78, 1946-1957. 1997.

MACKAY, W.P; MACKAY, E.E. The systematics and biology of the New World ants of the genus *Pachycondyla* (Hymenoptera: Formicidae). Edwin Mellen Press, Lewiston, 2010.

MORITZ, C.; LANGHAM, G.; KEARNEY, M; KROCKENBERGER, A.; VANDERWAL, J.; WILLIAMS, W. Integrating phylogeography and physiology reveals divergence of thermal traits between central and peripheral lineages of tropical rainforest lizards. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, v. 367, n. 1596, p. 1680-1687, 2012.

NAKANO, M.A.; MIRANDA, V.F.O.; SOUZA, D.R.; FEITOSA, R.M.; MORINI, M.S.C. Occurrence and natural history of *Myrmelachista* Roger (Formicidae: Formicinae) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. *Revista Chilena de História Natural*, 86: 169-179. 2013.

PAPES, M.; GAUBERT, P. Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. *Diversity and Distributions*, 13:890-902. 2007.

PARMESAN, C.; YOHE, G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421, 37–42. 2003.

PEARSON, R.G.; DAWSON, T.P.; BERRY, P.M.; HARRISON, P.A. Species: a spatial evaluation of climate impact on the envelope of species. *Ecological Modelling*, 154, 289–300, 2002.

PEARSON, R. G.; DAWSON, T. E. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecol. Biogeogr.* 12: 361-371. 2003.

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

RIBAS, C. R.; SCHMIDT, F.A.; SOLAR, R.R.C.; CAMPOS, R.B.F.; VALENTIM, C.L.; SCHOEREDER, J.H. Ants as indicators in Brazil: A review with suggestions to improve the use of ants in environmental monitoring programs. *Psyche*, v. 2012, p. 1–23, 2012.

SANTOS, R.P.; MARIANO, C.S.F.; DELABIE, J.H.C.; COSTA, M.A.; LIMA, K. M.; POMPOLO, S.G.; FERNANDES, I.O.; MIRANDA, E.A.; CARVALHO FILHO, A.F.; SILVA, J.G. Genetic characterization of some *Neoponera* Emery, 1901 (Hymenoptera: Formicidae) populations within the foetida species complex. *Journal of Insect Science*, v. 11, p. 1-7, 2018.

SCHMIDT, F. A.; RIBAS, C. R.; SCHOEREDER, J. H. How predictable is the response of ant assemblages to natural forest recovery? Implications or their use as bioindicators. *Ecological Indicators*, v. 24.p. 158–166, 2013.

SCHMIDT, C.A.; SHATTUCK, S.O. The higher classification of the ant subfamily Ponerinae (Hymenoptera: Formicidae), with a review of ponerine ecology and behavior. *Zootaxa*. 3817, 1–242. 2014.

TAYLOR, K. E.; STOUFFER, R. J.; MEEHL, G. A. An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. *American Meteorological Society*. 485-498. 2012.

VALIENTE-BANUET, A.; AIZEN, M.A.; ALCANTARA, J.M.; ARROYO, J.; COCUCCHI, A.; GALETTI, M.; GARCIA, M.B.; GARCIA, D.; GOMEZ, J.M.; JORDANO, P.; MEDEL, R.; NAVARRO, L.; OBESO, J.R.; OVIEDO, R.; RAMIREZ, N.; REY, P.J.; TRAVESET, A.; VERDU, M.; ZAMORA, R. Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world. *Functional Ecology*, v. 29, n. 3, p. 299-307. 2015

VAN VUUREN, D. P.; STEHFEST, E.; DEN ELZEN, M.G.J.; KRAM, T.; VAN VLIET, J.; DEETMAN, S.; ISAAC, M.; GOLDEWIJK, K.K.; HOF, A.; BELTRAN, A.M.; OOSTENRIJK, R.; VAN RUIJVEN, B. RCP2.6: Exploring the possibility to keep global mean temperature increase below 2°C. *Climate Change*, v. 109, p. 95-116, 2011.

Ilhéus/BA, 24 de outubro de 2018



Orientador: Jacques Charles Hubert Delabie

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

ATIVIDADES	Ano 1											Ano 2												Ano 3												
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
Cumprimento das disciplinas do curso	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X																					
Levantamento de dados em coleções entomológicas				X	X																															
Treinamento SIG																										X										
Revisão de literatura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Preparação do Capítulo 1																X	X	X	X	X																
Qualificação																					X															
Submissão do manuscrito 1																					X															
Coleta de dados bióticos CPDC				X	X	X																														
Coleta de dados bióticos UFPR											X																									
Coleta de dados bióticos MZUSP												X																								
Coleta de dados bióticos INPA																							X													
Coleta de dados bióticos MUSEU GOELDI																								X												
Coleta de dados bióticos UFV																									X											
Coleta de dado bióticos e abióticos de redes																										X										
Tabulação dos dados bióticos				X	X	X	X				X	X	X	X									X	X	X											
Elaboração dos modelos																											X	X	X	X	X	X	X	X		
Preparação e elaboração da tese	ANO 4																																			
Defesa																																				