

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NAIANE ARANTES SILVA

OS EFEITOS DAS MUDANÇAS TÉRMICAS SOBRE LAGARTOS DO
GÊNERO *TROPIDURUS* (SQUAMATA: TROPIDURIDAE): UMA PERSPECTIVA
EM DIFERENTES ESCALAS GEOGRÁFICAS

CURITIBA

2024

NAIANE ARANTES SILVA

OS EFEITOS DAS MUDANÇAS TÉRMICAS SOBRE LAGARTOS DO
GÊNERO *TROPIDURUS* (SQUAMATA: TROPIDURIDAE): UMA PERSPECTIVA
EM DIFERENTES ESCALAS GEOGRÁFICAS

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Zoologia, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Zoologia.

Orientador(a): Prof(a). Dr Fabricius M.
C. B. Domingos

CURITIBA

2024

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Silva, Naiane Arantes.

Os efeitos das mudanças térmicas sobre lagartos do gênero *Tropidurus* (Squamata: Tropiduridae): uma perspectiva em diferentes escalas geográficas). / Naiane Arantes Silva. – Curitiba, 2024.

1 recurso on-line : PDF.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Zoologia.

Orientador: Prof. Dr. Fabricius Maia Chaves Bicalho Domingos.

1. Zoologia. 2. Aclimação. 3. Ecofisiologia animal. 4. Mudanças ambientais globais. 5. Mudanças climáticas – Aspectos ambientais. 6. Análise térmica. 7. Termotolerância. 8. Lagarto. I. Domingos, Fabricius Maia Chaves Bicalho. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Zoologia. III. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOLOGIA -
40001016008P4

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ZOOLOGIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **NAIANE ARANTES SILVA** intitulada: **OS EFEITOS DAS MUDANÇAS TÉRMICAS SOBRE LAGARTOS DO GÊNERO TROPIDURUS (SQUAMATA: TROPIDURIDAE): UMA PERSPECTIVA EM DIFERENTES ESCALAS GEOGRÁFICAS**, sob orientação do Prof. Dr. FABRICIUS MAIA CHAVES BICALHO DOMINGOS, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutora está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 09 de Outubro de 2024.

Assinatura Eletrônica

15/10/2024 17:12:28.0

FABRICIUS MAIA CHAVES BICALHO DOMINGOS

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

12/10/2024 11:59:35.0

MAURICIO OSVALDO MOURA

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

14/10/2024 08:17:45.0

EMYGDIO LEITE DE ARAUJO MONTEIRO FILHO

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

17/10/2024 13:45:47.0

TIANA KOHLSDORF

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES).

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES).

AGRADECIMENTOS

Agradecer, reconhecer a própria dependência e ver a necessidade de viver em grupo, pois sem amigos, parceiros e colaboradores, nada se faz, nem ciência! Primeiramente quero agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo que me permitiu desenvolver este projeto e assim torna-lo público.

Também aproveito para agradecer ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia, juntamente com o Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná, por todo o apoio financeiro e de infraestrutura para que este projeto pudesse ser desenvolvido. Agradeço também a Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) pelo apoio logístico e estrutural que permitiu uma coleta de dados e experimentação estável e funcional, permitindo desenvolvimento desse projeto e os resultados aqui alcançados.

Agradeço também ao Comitê de Acompanhamento do meu projeto de tese, o professor Dr. Emygdio Leite, o professor Dr. Guarino Colli e a professora Dra. Tiana Kohlsdorf, que juntamente com meu orientador professor Fabricius Domingos, me ajudaram e foram fundamentais organização das ideias e nas tomadas de decisões durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aqui agradeço também ao meu orientador, professor Dr. Fabricius M. C. B. Domingos, que fez mais que me orientar, me inspirou a ser uma pesquisadora e um ser humano melhor. Muito obrigada Fabricius Domingos, por tudo que aprendi com você, seus conselhos e ensinamentos sempre feitos com muito carinho e respeito, a academia precisa de mais professores como você!

Quero agradecer também toda a equipe do Laboratório de Evolução e Diversidade Zoológica (LEDZ), que foram fundamentais desde a captura dos lagartos em campo, até a coleta dos tecidos. Então, meu muito obrigada aos pesquisadores Hellen dos Santos, Jr. Nadaline, Natalie Motelewski Trippia, Matheus Maciel Alcantara Salles, Michael Alexandre Barbosa da Rosa, que fizeram toda a diferença na hora de capturar e manter os lagartos em cativeiro. Aqui também quero agradecer ao meu amigo Júlio Miguel Alvarenga, que esteve comigo em todas as capturas dos lagartos e montagem e organização do experimento de aclimação. Meu muito obrigada ao meu amigo Roberto Vieira, que sempre esteve comigo durante as coletas ecofisiológicas e durante todo o tempo do experimento de aclimação, me auxiliando na alimentação dos lagartos em cativeiro.

Aqui também quero agradecer aos meus pais que sempre me deram todo o suporte financeiro e emocional para que eu pudesse me formar e continuar me especializando. E quero agradecer também aos meus amigos, que sempre me apoiaram, me incentivaram e até auxiliaram em algumas decisões. Muito obrigada, Andreia de Paula, Andressa Cristina, Geraldo Gilmar, Karine Peixoto, Rita de Cassia Peixoto, Ana Clara Abadia, Jefferson Miranda, Arthur Sena, vocês foram indiretamente importantes para a construção desse trabalho.

RESUMO

Compreender a relação entre variações térmicas ambientais e a capacidade fisiológica dos lagartos, pode ser fundamental para explicar a diversidade fenotípica térmica, padrões de desempenho e até inferir processos evolutivos subjacentes a plasticidade térmica e adaptação lagartos geralmente exibem plasticidade fenotípica de curto e longo prazo, ajustando seu desempenho fisiológico às condições térmicas ambientais. Este trabalho explora essa temática em quatro capítulos: Capítulo 1: Investigamos a plasticidade térmica de longo prazo em *Tropidurus itambere* de dois cerrados rupestres adjacentes (preservado e alterado). Após aclimação em laboratório, previmos que os lagartos aumentariam sua temperatura preferencial (T_{pref}), temperatura ótima de corrida (T_o), temperatura crítica máxima (Ct_{max}) e amplitude térmica de atividade. Contrariamente, observamos redução significativa na T_{pref} em ambas as populações, aumento da T_o (de 32.2 para 33.2) e não variação do Ct_{max} . Os resultados indicam plasticidade fenotípica limitada ao T_{pref} e desempenho locomotor, o que pode não ser suficiente para amortecer as alterações ocorridas. Capítulo 2: Avaliamos duas populações de *Tropidurus torquatus* (ambiente natural vs ambiente urbano) sob o mesmo regime de aclimação. Não houve diferenças prévias em T_o , Ct_{max} , Ct_{min} e T_{pref} entre as populações. Após aclimação os lagartos mantiveram a T_o , mas aumentaram a amplitude térmica de atividade do B80 em 0,1 °C. a baixa plasticidade térmica sugere alto risco de conservação frente ao aumento da temperatura ambiental. Capítulo 3: Comparamos populações de *T. itambere* em extremos de distribuição (Cerrado-Mata Atlântica vs Cerrado). Lagartos do ecótono Cerrado-Mata Atlântica apresentaram T_{pref} mais altas e Ct_{min} mais baixas, mas sem diferença na amplitude térmica. Após aclimação, apenas os lagartos do Cerrado-Amazônia aumentaram a T_{pref} , enquanto o ecótono exibiu redução na Ct_{min} e amplitude térmica, além de maior Ct_{max} . Os resultados sugerem respostas distintas às pressões térmicas locais. Capítulo 4: Analisamos três populações de *T. itambere* (Cerrado-Amazônia [CR] e Cerrado-Mata Atlântica [PeC, PeG]). Todas mostraram desempenho locomotor influenciado pelo clima local e pela aclimação, com redução na T_o e ajustes divergentes no B80. PeG e CR apresentaram Ct_{min} mais baixos, enquanto PeC exibiu maior Ct_{max} após aclimação. As populações demonstraram capacidade de aclimação próxima ao limite, especialmente no ecótono Cerrado-Amazônia. Concluímos que, embora os lagartos exibam plasticidade termica, suas respostas são variáveis e potencialmente limitadas, o que pode comprometer sua resiliência frente as mudanças climáticas.

Palavras-chave: Aclimação; Ecofisiologia; Mudanças ambientais; Mudanças climáticas; Plasticidade térmica.

ABSTRACT

Understanding the relationship between environmental temperature variations and the physiological capacity of lizards may be crucial for explaining thermal phenotypic diversity, performance patterns, and even inferring evolutionary processes underlying thermal plasticity and adaptation. Lizards typically exhibit short- and long-term phenotypic plasticity, adjusting their physiological performance to environmental thermal conditions. This work explores this topic in four chapters. Chapter 1: We investigated long-term thermal plasticity in *Tropidurus itambere* from two adjacent rocky cerrados (preserved and altered). After acclimation in the laboratory, we predicted that the lizards would increase their preferred temperature (T_{pref}), optimal running temperature (T_o), maximum critical temperature (C_{tmax}), and thermal activity range. Conversely, we observed a significant reduction in T_{pref} in both populations, an increase in T_o (from 32.2 to 33.2), and no change in C_{tmax} . The results indicate phenotypic plasticity limited to T_{pref} and locomotor performance, which may not be sufficient to buffer the changes that occurred. Chapter 2: We evaluated two populations of *Tropidurus torquatus* (natural environment vs. urban environment) under the same acclimation regime. There were no previous differences in T_o , C_{tmax} , C_{tmin} and T_{pref} between the populations. After acclimation, the lizards maintained T_o , but increased the thermal amplitude of B80 activity by 0.1 °C. The low thermal plasticity suggests a high risk of conservation in the face of increasing environmental temperature. Chapter 3: We compared populations of *T. itambere* at extreme distributions (Cerrado-Atlantic Forest vs. Cerrado). Lizards from the Cerrado-Atlantic Forest ecotone showed higher T_{pref} and lower C_{tmin} , but no difference in thermal amplitude. After acclimation, only lizards from the Cerrado-Amazon ecotone increased T_{pref} , while the ecotone showed a reduction in C_{tmin} and thermal amplitude, in addition to a higher C_{tmax} . The results suggest distinct responses to local thermal pressures. Chapter 4: We analyzed three populations of *T. itambere* (Cerrado-Amazon [CR] and Cerrado-Atlantic Forest [PeC, PeG]). All showed locomotor performance influenced by local climate and acclimation, with a reduction in T_o and divergent adjustments in B80. PeG and CR had lower C_{tmin} , while PeC exhibited higher C_{tmax} after acclimation. The populations demonstrated near-limited acclimation capacity, especially in the Cerrado-Amazon ecotone. We conclude that, although the lizards exhibit thermal plasticity, their responses are variable and potentially limited, which may compromise their resilience to climate change.

Keywords: Acclimatization; Ecophysiology; Environmental changes; Climate change; Thermal plasticity.

LISTA DE FIGURAS

Introdução geral

Figura 1: Parâmetros de descrição da curva de desempenho locomotor do lagarto *Tropidurus itambere*, sendo ele; C_{tmin} = temperatura crítica mínima; B₈₀ = amplitude do desempenho locomotor a 80% da capacidade; B₉₅ = amplitude de desempenho locomotor a 95% da capacidade; T_o = temperatura de máximo desempenho locomotor; D_{max} = máximo desempenho locomotor; C_{tmax} = temperatura crítica máxima.....23

Capítulo 1

Figura 1 – Áreas de cerrado rupestre onde as coletas foram realizadas no Parque Municipal do Bacaba município de Nova Xavantina, MT. Círculo vermelho - cerrado rupestre alterado (CrA); círculo amarelo - cerrado rupestre preservado (CrP).....41

Figura 2 – Diferenças da T_{pref} do lagarto *Tropidurus itambere* antes e após o período de aclimação e entre as áreas de cerrado rupestre alterado e cerrado rupestre preservado no bioma Cerrado, município de Nova Xavantina – MT.....43

Figura 3 – Curvas de performance do lagarto *T. Itambere* em áreas de cerrado rupestre alterado e cerrado rupestre preservado no bioma Cerrado, município de Nova Xavantina – MT. A) relação entre o desempenho locomotor e a temperatura antes e depois do experimento de aclimação; B) relação entre desempenho locomotor e temperatura de acordo com os locais de coleta. As curvas indicam as medias de cada indivíduo, e as sombras indicam o desvio padrão.....45

Capítulo 2

Figura 1: Curvas de desempenho locomotor; A: Curva de desempenho locomotor antes e após o período de aclimação dos lagartos; B: Curvas de desempenho locomotor dos lagartos de acordo com o ambiente de coleta, perímetro urbano e mata de galeria. As curvas indicam as medias de cada indivíduo, e as sombras indicam o desvio padrão.....64

Figura 2: Diferenças da T_{pref} do lagarto *Tropidurus torquatus* antes e após o período de aclimação e entre as áreas de Mata de Galeria e ambiente urbano, município de Nova Xavantina – MT.....66

Capítulo 3

Figura 1: Temperatura preferencial (T_{pref}), para as duas populações de lagartos Pec = Parque Estadual do Cerrado; PeG = Parque Estadual do Guartelá, antes do período de aclimação.....84

Figura 2: Variação dos níveis de glicose entre os lagartos de dois ambientes, antes e depois do período de aclimação. Pec; Parque Estadual do Cerrado; PeG; Parque Estadual do Guartelá.....86

Capítulo 4

Figura 1: Mapa dos biomas brasileiros mostrando as áreas de coleta (pontos em vermelho), e a variação de temperatura e precipitação em cada uma das áreas de coletas. Parque Estadual do Cerrado (Pec), Parque Estadual do Guartelá (PeG) no ecótono Cerrado-Mata Atlântica e ecótono Cerrado-Amazônia (CR).....100

Figura 2: Curvas de desempenho locomotor das três populações amostradas, uma no ecótono Cerrado-Amazônia (P. M. Bacaba), e duas no Cerrado-Mata Atlântica (P. E. Cerrado e P. E. Guartelá) antes e depois do período de aclimação.....104

Figura 3: Temperatura crítica mínima (C_{tmin}) e temperatura preferencial (T_{pref}), para as três populações de lagartos (Cr = Parque do Bacaba), no ecótono Cerrado-Amazônia, (Pec = Parque Estadual do Cerrado; PeG = Parque Estadual do Guartelá) no ecótono Cerrado-Mata Atlântica, antes do período de aclimação.....105

Figura 4: Temperatura preferencial (T_{pref}), para as três populações de lagartos (Cr = Parque do Bacaba), no ecótono Cerrado-Amazônia, (Pec = Parque Estadual do Cerrado; PeG = Parque Estadual do Guartelá) no ecótono Cerrado-Mata Atlântica, pré e pós aclimação.....106

Figura 5: Temperatura crítica máxima para as três populações de lagartos (Cr = Parque do Bacaba), no ecótono Cerrado-Amazônia, (Pec = Parque Estadual do Cerrado; PeG = Parque Estadual do Guartelá) no ecótono Cerrado-Mata Atlântica, antes e depois do período de aclimação.....107

LISTA DE TABELAS

Introdução geral

Tabela 1: Variáveis ecofisiológicas utilizadas nos testes de hipótese, sua forma de coleta e extração dos dados, e respectivas interpretações ecológicas.....29

Capítulo 1

Tabela 1 – Seleção de modelos e média de modelos aditivos generalizados de efeitos mistos (GAMMs) relacionando preditores do desempenho locomotor (velocidade de *sprint*) do lagarto *Tropidurus itambere*. Os modelos representados são aqueles com $\Delta AICc < 4$. CRC: comprimento rostro cloacal, AICc: critério de informação de Akaike corrigido para amostras pequenas, $\Delta AICc$: diferença entre o modelo dado e o melhor modelo, wAICc: peso de Akaike.....43

Capítulo 2

Tabela 1: Modelo aditivo misto generalizado (GAMM) relacionando preditores do desempenho locomotor (velocidade de corrida) do lagarto *Tropidurus torquatus*. CRC: comprimento rostro-cloacal, edf: graus de liberdade esperados.....63

Capítulo 4

Tabela 1: Seleção de modelos e média de modelos aditivos generalizados de efeitos mistos (GAMMs) relacionando preditores do desempenho locomotor (velocidade de corrida) do lagarto *Tropidurus itambere*. Os modelos representados são aqueles com $\Delta AICc < 4$. CRC: comprimento rostro cloacal, AICc: critério de informação de Akaike corrigido para amostras pequenas, $\Delta AICc$: diferença entre o modelo dado e o melhor modelo, wAICc: peso de Akaike.....103

SUMÁRIO

1. Introdução Geral	18
1.1 OBJETIVOS.....	24
1.1.1 <i>Objetivo geral</i>	24
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	24
1.2 Material e Métodos Geral.....	25
1.2.1 <i>Áreas de estudo</i>	25
1.2.2 <i>Coleta de dados ecosifiológicos</i>	25
1.2.3 <i>Experimento de aclimação</i>	27
1.2.4 <i>Análise de dados</i>	28
1.3. Referências Bibliográficas.....	29
2 . Capítulo 1	35
2.1 Introdução.....	37
2.2 Material e métodos	40
2.2.1 <i>Áreas de estudo</i>	40
2.2.2 <i>Demais métodos de coleta</i>	42
2.3 Resultados.....	42
2.4 Discussão.....	45
2.5 Conclusão.....	48
2.6 Referências Bibliográficas.....	49
3. Capítulo 2	57
3.1 Introdução.....	58
3.2 Material e métodos.....	61
3.2.1 <i>Áreas de estudo</i>	61
3.2.2 <i>Demais métodos de coleta</i>	62
3.3 Resultados.....	62
3.4 Discussão.....	63
3.5 Conclusão.....	66
3.6 Referências Bibliográficas.....	67
4 . Capítulo 3	77

4.1 Introdução.....	79
4.2 Material e métodos.....	81
4.2.1 Áreas de estudo.....	81
4.2.4 Análises de dados.....	82
4.3 Resultados.....	82
4.4 Discussão.....	83
4.5 Conclusão.....	87
4.6 Referências Bibliográficas.....	87
5 capítulo 4	94
5.1 Introdução.....	96
5.2 Material e Métodos.....	101
5.2.1 Áreas de estudo.....	101
5.3 Resultados.....	102
5.4 Discussão.....	108
5.5 Conclusão.....	112
5.6 Referências Bibliográficas.....	113
6 Conclusão Geral.....	121
7 Bibliografia Geral.....	124

1. Introdução geral

Nas últimas décadas, as alterações e impactos ambientais de origem antrópica têm exercido maiores influências no planeta, que alteram e comprometem os funcionamentos ecossistêmicos (IPCC, 2014a; IPCC *et al.*, 2020). Essas alterações promovem e aceleram as mudanças climáticas que, nos últimos anos, vêm influenciando drasticamente a riqueza, distribuição e existência de espécies de animais e vegetais (POST, 2013; VISSER, 2016), pois comprometem o bom funcionamento dos serviços ecológicos em diversas escalas geográficas e ecológicas (IPCC, 2014a; THUILLER, 2007). Sabemos que a atual temperatura global é a maior dos últimos mil anos, e os regimes de precipitação tendem cada vez mais a não apresentar uniformidade e estabilidade (WALTHER *et al.*, 2002). Estudos associados à estas alterações, no sentido de buscar compreender como a velocidade e a proporção em que estão acontecendo geram impactos diretos e indiretos nos seres vivos, nos permitem planejar medidas mitigatórias para minimizar as perdas da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (HEIKKINEN *et al.*, 2006; PANDIT *et al.*, 2017).

Variações naturais de fatores ambientais, como temperatura e precipitação, influenciam a distribuição e ocorrência das espécies (ASPINALL, 1992; CANDOLLE, 1855; HUMBOLDT; BONPLAND, 1805), e são esses fatores que auxiliam na compreensão dos padrões térmicos e de precipitação, responsáveis por modular a distribuição das populações, bem como a formação e organização das comunidades, dada as suas importâncias em termos adaptativos (ACKERLY, 2003). Desta forma, as supracitadas alterações climáticas podem impactar substancialmente a fisiologia das espécies, causando alterações na tolerância termal, desempenho locomotor, áreas de distribuição, reprodução e capacidade de adaptação às alterações ambientais (ELLER *et al.*, 2017; RODRIGUES *et al.*, 2016). Particularmente, a compreensão das respostas fisiológicas das espécies em relação às variações ambientais nos permite inferir aspectos relacionados às adaptações das espécies às condições ambientais locais (KUBISCH *et al.*, 2015; PANDIT *et al.*, 2017; SINERVO *et al.*, 2010) e, assim, entender o efeito das alterações ecofisiológicas nas populações amostradas.

Organismos ectotérmicos são mais sensíveis às mudanças na temperatura, pois são dependentes de uma fonte de calor externo para que possam se aquecer e realizar suas atividades ecológicas básicas (SINERVO, 1990; SINERVO *et al.*, 2010). Lagartos termoreguladores geralmente ajustam o ganho de energia térmica através do

comportamento, para permanecer dentro da faixa de tolerância termal de funcionamento ecológico, evitando alcançar temperaturas corporais muito baixas (Temperatura crítica mínima = CT_{min}), ou muito altas (Temperatura crítica máxima = CT_{max}), e geralmente mantendo sua temperatura corporal (T_b = body temperature) de desempenho acima das médias de temperatura ambiental (ANGILLETTA, 2006; LYNCH; GABRIEL, 1987). Os atuais padrões de oscilação da temperatura podem, em muitos casos, exceder os limites térmicos (CT_{max}) ecofisiológicos dos lagartos, o que pode resultar em restrição do nicho térmico diário. Essa diminuição das horas de forrageio diário dos lagartos (SINERVO *et al.*, 2010) pode comprometer substancialmente a alimentação e reprodução desses organismos, o que pode levar a população a extinção local (SINERVO, 1990; THOMAS *et al.*, 2004; WALTERS *et al.*, 2012). Assim, entender a influência das alterações climáticas sobre a atividade dos indivíduos pode fornecer informações importantes sobre a flexibilidade térmica, o potencial adaptativo das populações e, conseqüentemente, sobre como tais alterações irão afetar estas populações em termos conservacionistas (HERRANDO-PÉREZ *et al.*, 2019).

Os recentes modelos de extinção para lagartos são alarmantes, especialmente para as áreas Neotropicais. Sinervo e colaboradores (SINERVO *et al.*, 2010) sugeriram, em um estudo no México, que até 2070 em torno de 39% das populações locais terão desaparecido, e que 20% das espécies em todo o mundo tendem a estar extintas até 2080, o que pode resultar em uma catástrofe ecossistêmica global (URBAN, 2015). Tal expectativa se deve ao fato de que alterações ambientais causam mudanças ecofisiológicas que promovem a extinção local de diversas populações (COLWELL *et al.*, 2008; SINERVO *et al.*, 2010). Além disso, a região Neotropical é particularmente sensível à estas alterações locais, apresentando uma maior tendência de diminuição da biodiversidade, provavelmente porque essas áreas são afetadas mais rapidamente pelas mudanças de temperatura, e porque os organismos dessa região possuem seus limites térmicos muito próximos à temperatura ambiental (HUEY *et al.*, 2012; SINERVO *et al.*, 2010). De maneira geral, répteis sofrem pressão conservacionista com os impactos provocados pelas ações humanas, particularmente devido à sensibilidade térmica (DIELE-VIEGAS; ROCHA, 2018; HUEY *et al.*, 2012; PONTES-DA-SILVA *et al.*, 2018; SINERVO, 1990; SINERVO *et al.*, 2010; SINERVO *et al.*, 2011), o que tem causado declínio não apenas nas populações locais, como também na riqueza regional de espécies em vários ambientes (SINERVO *et al.*, 2010; URBAN, 2015).

Estudos sobre estimativas dos riscos de extinção têm mostrado que as variações na fisiologia entre e dentro das populações podem ser resultados da plasticidade fenotípica ou adaptação evolutiva (YUAN *et al.*, 2018), indicando uma flexibilidade na sensibilidade térmica de ectotérmicos em geral (HUEY *et al.*, 2009). Indivíduos de uma mesma espécie ocorrendo em diferentes locais estão sujeitos às condições ambientais oferecidas por cada local (HOFFMANN; SGRO, 2011) e, assim, mesmo populações que ocorrem em locais muito próximos, ou em um gradiente ambiental, tendem a apresentar diferenças no desempenho fisiológico devido às diferenças microclimáticas do local (CEIA-HASSE *et al.*, 2014; KUBISCH *et al.*, 2015; YUAN *et al.*, 2018). Tal tendência também se aplica a espécies com ampla distribuição geográfica, onde as populações estão sujeitas à diferentes tipos de variações climáticas e geográficas, e tendem a responder fisiologicamente de forma diferente às mudanças ambientais de cada local (DIELE-VIEGAS; ROCHA, 2018; VALLADARES *et al.*, 2014).

As diferentes características ecofisiológicas relacionadas à sensibilidade térmica podem indicar diferenças na vulnerabilidade das populações de acordo com a estrutura do habitat local (BERRIOZABAL-ISLAS *et al.*, 2018), visto que tal estrutura influencia diretamente a variação microclimática (PIANTONI *et al.*, 2016). Estudar a variação das populações em diferentes locais e regiões, levando em consideração a estrutura do habitat, bem como os fatores macro e microclimáticos, são elementos importantes para explicar a diversidade fenotípica em termos ecofisiológicos (ARANDA; GRACIOLLI, 2015; NOGUEIRA *et al.*, 2011) e ajudar a prever as respostas das espécies às alterações ambientais. Répteis são excelentes organismos modelo para investigar tais respostas às mudanças climáticas, pois sua fisiologia e distribuição são claramente influenciadas pela temperatura e precipitação (BUCKLEY *et al.*, 2012).

A plasticidade fisiológica térmica pode ser estar associada com mudanças ambientais locais ou regionais, e com o passar das gerações, essa plasticidade pode resultar em mudanças evolutivas nas espécies (ETTERSON; SHAW, 2001). Porém, essa adaptação é refém das relações genéticas ligadas às funções de termorregulação (HUEY *et al.*, 2003) onde, na maioria das vezes, mudanças ambientais bruscas ou ocorridas em um curto período de tempo resultam em extinção e não em adaptação (DILLON *et al.*, 2010; SINERVO *et al.*, 2010). Mesmo quando existe plasticidade fisiológica térmica, se esta permitir a regulação para apenas uma ou poucas características térmicas como temperatura ótima (T_o) ou Ct_{max} , a população ainda estará fadada ao desaparecimento, pois essas adaptações podem promover diminuição na distribuição espacial, e

consequentemente acelerarem o desaparecimento em caso de aumentos na temperatura ambiental (ETTERSON; SHAW, 2001; SINERVO *et al.*, 2010).

Lagartos são considerados ótimos modelos de investigação sobre os possíveis efeitos das mudanças climáticas, pois possuem a fisiologia influenciada pela temperatura ambiental (BUCKLEY *et al.*, 2012). A relação dos aspectos fisiológicos dos lagartos é descrita em forma de curva de sensibilidade térmica (CROWLEY, 1985; GUNDERSON; LEAL, 2012; PÖRTNER, 2002). Um dos parâmetros usados para gerar essas curvas é a velocidade de corrida que, por ser fortemente influenciada pela temperatura corporal, ela também descreve a condição corporal dos organismos, o potencial de forrageamento e escape de predação (BAUWENS *et al.*, 1995; CROWLEY, 1985; GARLAND; LOSOS, 1994; HUEY; HERTZ, 1984), e pode até indicar possíveis alterações no condicionamento físico (ARNOLD, 1983; HUEY; BENNETT, 1987; HUEY *et al.*, 2003). Existem vários parâmetros que são responsáveis por descreverem as curvas de desempenho térmico, como o ótimo térmico (T_o ; temperatura na qual o desempenho máximo é alcançado); a faixa de temperatura ideal (conhecida como B95); a amplitude de desempenho térmico (também conhecido como B80); os limites térmicos, referidos como o mínimo térmico crítico e o máximo térmico crítico; e o desempenho máximo (Figura 1) (ANGILLETTA, 2009; HUEY *et al.*, 2003).

Devido a essa íntima relação entre a temperatura corporal e o desempenho, e por utilizarem temperatura ambiental para se aquecerem, a variação microclimática, como a temperatura do substrato e incidência de luz, influenciam variações intraespecíficas e que variam de acordo com o local (BERGALLO; ROCHA, 1993; HATANO *et al.*, 2001; KIEFER *et al.*, 2005; KOHLSDORF, T.; NAVAS, C., 2006; ROCHA; BERGALLO, 1990; VAN SLUYS, 1992). Ectotérmicos em geral apresentam baixa plasticidade ligada a características de tolerância térmica, indicando variabilidade genética insuficiente para a persistência populacional (GUNDERSON, 2015), fator preocupante frente às projeções térmicas projetadas (HANSEN *et al.*, 2012).

Estudos com lagartos da família Tropiduridae mostram que seu comportamento de termorregulação tende a se adaptar ao ambiente colonizado (KOHLSDORF, T.; NAVAS, C., 2006). O gênero *Tropidurus* é um dos mais diversos e amplamente distribuídos na América do Sul (RODRIGUES, M., 1987; VANZOLINI, 1972), ocorrendo desde ambientes florestais fechados até savanas abertas e afloramentos rochosos. Tais lagartos geralmente possuem hábito arbóreo ou saxícola (RODRIGUES, M., 1987).

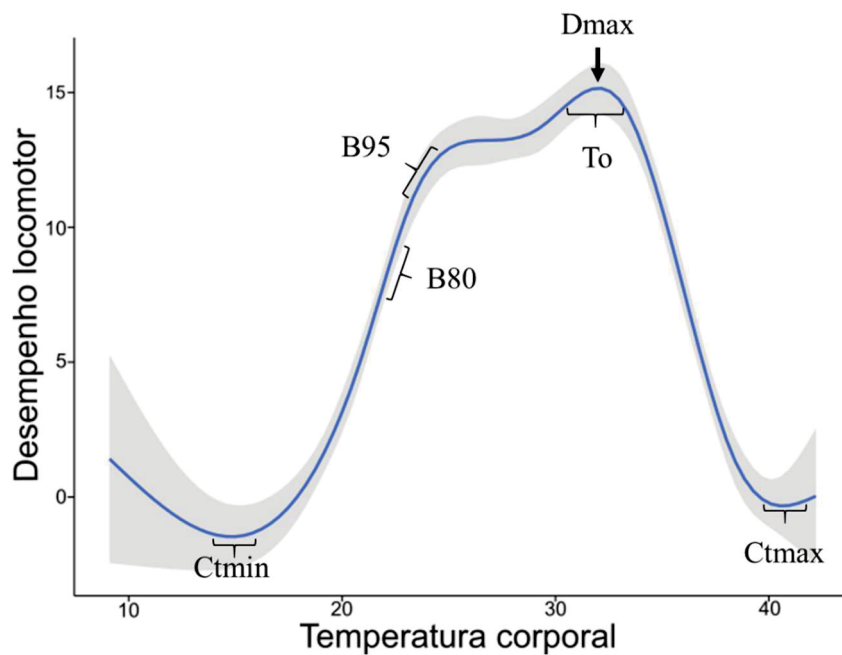


Figura 1: Parâmetros de descrição da curva de desempenho locomotor do lagarto *Tropidurus itambere*, sendo ele; Ctmin = temperatura critica mínima; B80 = amplitude do desempenho locomotor a 80% da capacidade; B95 = amplitude de desempenho locomotor a 95% da capacidade; To = temperatura de máximo desempenho locomotor; Dmax = máximo desempenho locomotor; Ctmax = temperatura crítica máxima.

As evidências disponíveis até o momento mostram que a temperatura corporal das espécies que compõem o gênero está diretamente relacionada ao tipo de ambiente onde elas ocorrem, variando de acordo com a temperatura do substrato e incidência direta de luz (CRUZ, 1998; FROST *et al.*, 2001; HATANO *et al.*, 2001; KIEFER *et al.*, 2005; VAN SLUYS, 1992; VITT; CARVALHO, 1995). Por isso, desvendar os mecanismos relacionados às diferentes relações entre a temperatura e o ambiente ocupado por espécies do gênero é de suma importância para compreender o potencial adaptativo das populações locais, pois nos permite mensurar objetivamente a plasticidade fisiológica e fenotípica das espécies de acordo com o ambiente onde vivem (PONTES-DA-SILVA *et al.*, 2018).

Para entender as variações naturais em termos adaptativos e da plasticidade fenotípica são necessárias comparações entre e dentro de populações para verificar a diferença nas respostas encontradas (BANTA *et al.*, 2012; LINHART; GRANT, 1996). Estudos ecofisiológicos são a chave para compreender a evolução das adaptações e da plasticidade fenotípica em relação aos diferentes habitats e ambientes heterogêneos, e

substanciar a utilização de tais informações para a conservação da biodiversidade. Uma vez que organismos ectotérmicos tendem a responder às condições ambientais oferecidas, após um período de aclimação a temperaturas mais altas que a média ambiental, esperamos que a amplitude térmica dos indivíduos aumente, assim como a temperatura crítica máxima, e que ocorra um aumento da amplitude térmica do desempenho locomotor.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Investigar a influência da variação microclimática na plasticidade térmica de diferentes populações de lagartos do gênero *Tropidurus* vivendo em diferentes ambientes do Cerrado brasileiro, em diferentes escalas geográficas.

1.1.2 Objetivos específicos

Capítulo 1: verificar a existência de plasticidade térmica de indivíduos de *Tropidurus itambere* em dois locais ao longo de um gradiente ambiental utilizando parâmetros ecofisiológicos, bem como verificar a influência do microclima sobre o potencial adaptativo dos indivíduos de cada local.

Capítulo 2: avaliar as diferenças no desempenho ecofisiológico em termos da tolerância e amplitude térmica, assim como a plasticidade térmica e as variações da temperatura corporal em relação aos ambientes de ocorrência do lagarto *Tropidurus torquatus*, em ambiente natural e urbano (antropizado) adjacentes, bem como o potencial adaptativo desses organismos em relação ao aumento da temperatura ambiental.

Capítulo 3: verificar as possíveis diferenças da fisiologia térmica de duas populações de lagartos *Tropidurus itambere* na transição Cerrado-Mata Atlântica, e estimar a plasticidade térmica desses lagartos em relação às temperaturas ao aumento de temperatura.

Capítulo 4: verificar as possíveis diferenças da fisiologia térmica de duas populações de lagartos *Tropidurus itambere* do ecótono Cerrado-Amazônia e ecótono Cerrado-Mata

Atlântica, assim como verificar a existência de plasticidade térmica e sua relação com as temperaturas locais.

1.2 Material e Métodos Geral

1.2.1 Áreas de estudo

Para alcançarmos esses objetivos, realizamos coletas em duas extremidades do Cerrado, no Município de Nova Xavantina no Mato Grosso, Ponta Grossa e Jaguariaíva no Paraná. No município de Nova Xavantina escolhemos o Parque do Bacaba e o perímetro urbano para realizar as coletas, que são referentes aos capítulos 1 e 2 desse trabalho. Já para os municípios paranaenses, escolhemos os Parque Estadual do Guartelá (Ponta Grossa) e o Parque Estadual do Cerrado (Jaguariaíva), referentes aos capítulos 3 e 4. Fomos a campo com varas equipadas com laços, capturamos os lagartos e os levamos ao laboratório. Registramos as medidas morfológicas de comprimento rostro-cloacal (CRC) e comprimento total da cauda (CC), através de régua metálica com precisão de 1mm, massa corporal através de dinamômetro de mola (Pesola®) com precisão de 0,1 g, e sexo, através de apalpação para detectar a presença de ovos em fêmeas grávidas e da extrusão de hemipênis nos machos. Logo após, realizamos a coleta de dados ecofisiológicos (detalhados abaixo): inferimos a temperatura preferencial (T_{pref}), desempenho locomotor, temperatura crítica mínima (Ct_{min}) e temperatura crítica máxima (Ct_{max}), todos baseados em metodologia consolidado em estudos com ecofisiologia de lagartos (SINERVO *et al.*, 2010). A padronização deste tipo de coleta de dados é reconhecida e replicada em diferentes partes do mundo, e não trazem nenhum prejuízo aos indivíduos submetidos aos testes, que foram devolvidos aos seus ambientes de origem após os procedimentos descritos a seguir. Os dados foram coletados conforme licença ambiental do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Processo 82472-2), e de acordo com a autorização da Comissão de Ética no Uso de Animais, CEUA-UFPR (Processo 1483).

1.2.2. Coleta de dados ecofisiológicos

Para verificarmos a temperatura preferencial (T_{pref}) utilizamos um gradiente de temperatura, simulando um ambiente a céu aberto com auxílio de lâmpadas térmicas, e um ambiente sombreado, feito com bolsas de gelo. Tais “extremos” não atingem temperaturas nocivas aos animais, e refletem um gradiente ambiental potencialmente encontrado pelos indivíduos em situação natural. As temperaturas são registradas

automaticamente a cada minuto durante uma hora, por um medidor de temperatura automático (OMEGA ENGINEERING, INC. Software for TC-08, version 5.22.6), com um termostato conectado ao ventre do lagarto. Posteriormente, são calculados os valores médios com base em cada registro, e a partir dessas médias é possível estimar as horas de atividades em ambiente natural com base nas temperaturas preferencias experimentadas em laboratório. Após um intervalo de 30 minutos, se inicia a coleta do desempenho locomotor.

O desempenho locomotor foi aferido através da velocidade de corrida dos lagartos utilizando uma pista de madeira (300 cm x 30 cm x 40 cm), onde o lagarto foi estimulado a correr o mais rápido possível, simulando uma perseguição predatória, para verificar a velocidade máxima atingida durante a corrida em diferentes temperaturas (frio, ambiente e quente). A distância medida da corrida é de 100 cm e, para evitar possíveis ruídos amostrais, cada lagarto corre duas vezes em cada temperatura. A temperatura cloacal é aferida imediatamente antes da corrida com um termômetro cloacal de leitura rápida, com precisão de 0,2 °C. A primeira corrida foi realizada em temperatura ambiente, e as corridas frias e quentes foram consideradas a partir de 5 °C a menos ou a mais da temperatura ambiente, respectivamente. Foram gravados vídeos das corridas a 420 fps, com uma câmera digital Casio HS EX-FH25, montada em um tripé no centro da pista. O tempo médio de descanso entre as corridas em cada temperatura é de 30 minutos. Os vídeos foram analisados com o programa Tracker 4.80, de onde é extraída a velocidade máxima de cada corrida. A velocidade máxima utilizada posteriormente nas análises é aquela mais alta dentre as duas corridas realizadas em cada temperatura.

As temperaturas críticas mínimas (C_{tmin}) e máxima (C_{tmax}) foram registradas usando um termômetro cloacal de leitura rápida com precisão de 0,2 °C. Para a verificação da temperatura crítica mínima, os lagartos são colocados em um recipiente alocado com gelo e são resfriados até que percam suas funções de respostas comportamentais habituais (i.e., perda de função, mas sem levar o animal à morte), então a temperatura é verificada imediatamente. Já a verificação da temperatura crítica máxima é feita à luz solar, os indivíduos são colocados em um recipiente fechado e, sob constante cuidado do observador, expostos ao sol, onde se aquecem até perderem as funções, e a temperatura então é medida imediatamente. Para ambas as coletas de temperatura críticas, a perda da função é verificada ao colocar o lagarto com o ventre para cima, e se este não é capaz de voltar à posição natural, com o ventre para baixo, a temperatura é imediatamente registrada. Existe um intervalo de duas horas entre as corridas e a coleta da temperatura

crítica mínima, e um intervalo de no mínimo 12 horas entre a coleta das temperaturas críticas.

Após 24h da realização da temperatura crítica máxima dos experimentos ecofisiológicos, os lagartos foram acomodados individualmente em caixas plásticas (L 20 x C 30 x A 11 cm) e/ou aquários de vidro, que foram caracterizados como terrários (forrados com vermiculita, serapilheira e partes de cupinzeiros), e foram submetidos ao protocolo de aclimação térmica. De acordo com as projeções climáticas e os relatórios dos IPCC (HOEGH-GULDBERG *et al.*, 2018; IPCC, 2014b; OMETTO *et al.*, 2022) a temperatura ambiental tende a aumentar, desta forma durante o experimento de aclimação tivemos a intenção de expor os lagartos ao máximo térmico suportado em laboratório.

1.2.3. Experimento de aclimação

As condições térmicas utilizadas para os lagartos coletado no ecótono Cerrado-Amazônia, variou entre 15 °C e 25 °C a noite, e ao longo do dia, a temperatura dos terrários variou entre e 28 °C e 33 °C. Para as populações coletadas no ecótono Cerrado-Mata Atlântica, criamos os gradientes térmicos dentro dos terrários de acordo com a temperatura ambiental de cada local. Para os lagartos do Parque estadual do Guartelá (PeG), criamos um gradiente térmico variando entre 28 °C e 32 °C durante o dia, e para o Parque Estadual do Cerrado (PeC), a temperatura dos terrários variou entre 26 °C e 31 °C, e durante a noite a temperatura se manteve entre 15 °C 20 °C. A temperatura de aclimação foi determinada utilizando como base a Ctmax da espécie, e também as temperaturas médias dos lagartos coletadas em ambiente natural (Cerrado-Amazônia $34 \pm 0,5$ °C e Cerrado-Mata Atlântica $32 \pm 0,5$ °C), seguindo o período de atividade em ambiente natural. Utilizamos uma lâmpada de 90 W colocada a aproximadamente 25 cm de cada terrário para criar as condições térmicas descritas. As lâmpadas permaneceram acesas considerando período de atividade natural da espécie (entre 9:00 e 18:00). Os lagartos foram mantidos em aclimação por um período de 8 semanas, levando em consideração o tempo de aclimação suficiente para a observação de uma resposta fisiológica à exposição a temperaturas constantes acima das experimentadas em campo (ANGILLETTA, J., MICHAEL J., 2009; CLUSELLA-TRULLAS; CHOWN, 2014; GUNDERSON; STILLMAN, 2015; MURRISH; VANCE, 1968; TERBLANCHE *et al.*, 2007).

1.2.4. Analise de dados

Nossas análises foram realizadas para verificar possíveis ajustes das características ecofisiológicas T_{pref} , C_{tmin} e C_{tmax} e da velocidade de corrida (Tabela 1) dos lagartos em dois níveis: 1) entre os ambientes considerados em cada objetivo específico (capítulos) e, 2) antes e após o período de aclimação, de forma a verificar sinais de ajustes plásticos para as condições térmicas durante o experimento de aclimação. Para comparar T_{pref} , C_{tmin} e C_{tmax} dos indivíduos nas situações 1 e 2, e para verificarmos a variação dentro da T_{pref} , extraímos as temperaturas voluntárias mínima (T_{vmin}), máxima (T_{vmax}) (Tabela 1) e utilizamos um teste multivariado de Levene com mil réplicas de bootstrapping, para verificar a igualdade de variância (FRIENDLY; SIGAL, 2018; GASTWIRTH *et al.*, 2017; LEVENE, 1960; NOGUEIRA *et al.*, 2011) (estás análises foram feitas para todos os capítulos). As análises de desempenho locomotor foram feitas nos capítulos 1, 2 e 4. Finalmente, usando os dados de velocidade de corrida, construímos Modelos Mistos Aditivos Generalizados (GAMM) utilizando o pacote *mgcv* (WOOD, 2017), e verificamos o quanto o desempenho locomotor dos lagartos foi influenciada pelo experimento de aclimação e o ambiente. Nesta análise, utilizamos as medidas CRC, massa corporal e sexo dos indivíduos como covariáveis para melhor explicar a variação do modelo construído. Realizamos uma seleção automática de modelos, através do Critério de Informação de Akaike (AIC). Também verificamos os modelos com interação entre as variáveis categóricas e com o termo suavizado do modelo. Verificamos as normas de reação que descrevem a sensibilidade térmica do desempenho locomotor, pois estes parâmetros são responsáveis por descrever a relação entre a temperatura e o desempenho locomotor (HUEY; STEVENSON, 1979), para testar nossas hipóteses. Usamos o melhor modelo para verificar os valores preditos para desempenho máximo de corrida (m/s), temperatura corporal durante o desempenho máximo de corrida (T_o), desempenho locomotor a 80 e a 50% da capacidade (B80 e B50), temperaturas corporais durante a corrida a 80 e 50% da capacidade (TB80 e TB50) e também as amplitudes térmicas dos lagartos ao correrem a 80 e 50% da capacidade (Tabela 1). Além disso, para o capítulo 4, utilizamos teste de T para testar as diferenças das temperaturas operativas de campo (temperatura corporal no momento da coleta, do substrato, a 5 cm e do ar). Todas as análises foram realizadas no programa R v4.4.1 (TEAM, 2019).

Tabela 1: Variáveis ecofisiológicas utilizadas nos testes de hipótese, sua forma de coleta e extração dos dados, e respectivas interpretações ecológicas.

Variáveis	Extração dos dados	Interpretação ecológica
T _{pref} (temperatura preferencial)	Temperatura média por minuto com base nos registros obtidos em gradiente ambiental simulado.	Indica a temperatura de forrageamento que o indivíduo utilizaria preferencialmente em suas atividades ecológicas básicas.
TV _{max}	Temperatura voluntária máxima a que o indivíduo se expôs, no gradiente ambiental simulado durante 1 hora.	Indica a temperatura corporal máxima que o indivíduo se expõe para realizar suas atividades ecológicas básicas, antes de possível prejuízo fisiológico.
TV _{min}	Temperatura voluntária mínima a que o indivíduo se expôs, no gradiente ambiental simulado durante 1 hora.	Indica a temperatura corporal mínima que o indivíduo precisa para realizar suas atividades ecológicas básicas, antes de possível prejuízo fisiológico, normalmente utilizada para sair de tocas e iniciar a termorregulação.
Temperatura ótima de desempenho locomotor (T _o)	Temperatura ótima de corrida (T _o) é a temperatura na qual o desempenho locomotor (velocidade de corrida) é máximo.	Temperatura corporal ideal para atingir a maior velocidade de corrida, durante suas atividades ecológicas, potencialmente utilizada em situações ecológicas habituais de predação.
Desempenho máximo de corrida (D _{max}) (m/s)	Maior velocidade atingida na corrida.	Maior velocidade atingida durante uma corrida, potencialmente atingida durante uma fuga em ambiente natural.
Temperatura de desempenho a 80% (TB ₈₀)	Amplitude térmica corporal do lagarto ao usar 80% de sua capacidade de corrida.	Amplitude térmica corporal do indivíduo ao utilizar 80% de sua capacidade máxima de corrida, potencialmente utilizada em situações ecológicas habituais de reprodução e predação.
Desempenho a 80% (B ₈₀) (m/s)	Amplitude da velocidade de corrida do lagarto a 80% da capacidade de corrida.	Amplitude da velocidade atingida pelo indivíduo ao utilizar 80% de sua capacidade máxima de corrida, potencialmente utilizada em situações ecológicas habituais de reprodução e predação.

1.3 Referências bibliográficas.

ACKERLY, D. Community assembly, niche conservatism, and adaptive evolution in changing environments. **Revista Internacional de Ciências Vegetais**, 164(3 Suppl), p. S165-S184, 2003.

ANGILLETTA, J., M. J. **Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis**. Oxford: Oxford University Press, 2009. 1-302 p.

ANGILLETTA, J., Michael J. Estimating and comparing thermal performance curves. **Journal of Thermal Biology**, 31, n. 7, p. 541-545, 2006/10/01/ 2006.

ARANDA, R.; GRACIOLLI, G. Spatial-temporal distribution of the Hymenoptera in the Brazilian Savanna and the effects of habitat heterogeneity on these patterns. **Journal of Insect Conservation**, 2015.

ARNOLD, S. J. Morphology, performance and fitness. **American Zoologist**, 23, n. 2, p. 347-361, 1983.

ASPINALL, R. An inductive modelling procedure based on Bayes' theorem for analysis of pattern in spatial data. **International journal of geographical information systems**, 6, n. 2, p. 105-121, 1992/03/01 1992.

BANTA, J. A.; EHRENREICH, I. M.; GERARD, S.; CHOU, L. *et al.* Climate envelope modelling reveals intraspecific relationships among flowering phenology, niche breadth and potential range size in *Arabidopsis thaliana*. **Ecology Letters**, 15, n. 8, p. 769-777, 2012/08/01 2012.

BAUWENS, D.; GARLAND, T., Jr.; CASTILLA, A. M.; VAN DAMME, R. Evolution of sprint speed in lacertid lizards: Morphological, physiological, and behavioral covariation. **Evolution**, 49, n. 5, p. 848-863, Oct 1995.

BERGALLO, H. d.; ROCHA, C. Activity patterns and body temperatures of two sympatric lizards (*Tropidurus torquatus* and *Cnemidophorus ocellifer*) with different foraging tactics in southeastern Brazil. **Amphibia-Reptilia**, 14, p. 312-315, 1993.

BERRIOZABAL-ISLAS, C.; RODRIGUES, J. F., Mota; RAMÍREZ-BAUTISTA, A.; BECERRA-LÓPEZ, J. *et al.* Effect of climate change in lizards of the genus *Xenosaurus* (Xenosauridae) based on projected changes in climatic suitability and climatic niche conservatism. **Ecologia e Evolução**, 8, p. 1-12, 2018.

BUCKLEY, L. B.; HURLBERT, A. H.; JETZ, W. Broad-scale ecological implications of ectothermy and endothermy in changing environments. **Global Ecology and Biogeography**, 21, n. 9, p. 873-885, 2012/09/01 2012.

CANDOLLE, A. d. **Géographie botanique raisonnée; ou, Exposition des faits principaux et des lois concernant la distribution géographique des plantes de l'époque actuelle**. Paris: V. Masson; [etc., etc.], 1855.

- CEIA-HASSE, A.; SINERVO, B.; VICENTE, L.; PEREIRA, H. M. Integrating ecophysiological models into species distribution projections of European reptile range shifts in response to climate change. **Ecography**, 37, n. 7, p. 679-688, 2014/07/01 2014.
- COLWELL, R. K.; BREHM, G.; CARDELÚS, C. L.; GILMAN, A. C. *et al.* Global warming, elevational range shifts, and lowland biotic attrition in the wet tropics. **Science**, 322, n. 5899, p. 258 - 261, 2008. 10.1126/science.1162547.
- CROWLEY, S. R. Thermal sensitivity of sprint-running in the lizard *Sceloporus undulatus*: support for a conservative view of thermal physiology. **Oecologia**, 66, n. 2, p. 219-225, May 1985.
- CRUZ, F. Natural history of *Tropidurus spinulosus* (Squamata: Tropiduridae), from the dry chaco of Salta, Argentina. **Revista Herpetológica**, 8, p. 107-110, 1998.
- DIELE-VIEGAS, L.; ROCHA, C. Unraveling the influences of climate change in Lepidosauria (Reptilia). **Journal of Thermal Biology**, 78, p. 401-414, 2018.
- DIFFENBAUGH, N. S.; FIELD, C. B. Changes in ecologically critical terrestrial climate conditions. **Science**, 341, n. 6145, p. 486-492, 2013/08/02 2013.
- DILLON, M. E.; WANG, G.; HUEY, R. B. Global metabolic impacts of recent climate warming. **Nature**, 467, p. 704 - 706, 10/06/online 2010.
- ELLER, F.; SKÁLOVÁ, H.; CAPLAN, J. S.; BHATTARAI, G. P. *et al.* Cosmopolitan species as models for ecophysiological responses to global change: the common reed *Phragmites australis*. **Frontiers in Plant Science**, 8, p. 1833, 2017. 10.3389/fpls.2017.01833.
- ETTERSON, J. R.; SHAW, R. G. Constraint to adaptive evolution in response to global warming. **Science**, 294, n. 5540, p. 151-154, Oct 5 2001.
- FROST, D. R.; RODRIGUES, M. T.; GRANT, T.; TITUS, T. A. Phylogenetics of the lizard genus *Tropidurus* (Squamata: Tropiduridae: Tropidurinae): direct optimization, descriptive efficiency, and sensitivity analysis of congruence between molecular data and morphology. **Mol Phylogenet Evol**, 21, n. 3, p. 352-371, Dec 2001.
- GARLAND, T.; LOSOS, J. Ecological morphology of locomotor performance in squamate reptiles. *In*, 1994. p. 240-302.
- GUNDERSON, A. R.; LEAL, M. Geographic variation in vulnerability to climate warming in a tropical Caribbean lizard. **Functional Ecology**, 26, n. 4, p. 783-793, 2012/08/01 2012.
- GUNDERSON, A. R.; STILLMAN, J. H. Plasticity in thermal tolerance has limited potential to buffer ectotherms from global warming. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 282, n. 1808, p. 20150401, 2015/06/07 2015.
- HANSEN, J.; SATO, M.; RUEDY, R. Perception of climate change. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 109, n. 37, p. E2415-E2423, 2012/09/11 2012.

HATANO, F. H.; VRCIBRADIC, D.; GALDINO, C. A. B.; CUNHA-BARROS, M. *et al.* Thermal ecology and activity patterns of the lizard community of the Restinga of Jurubatiba, Macaé, RJ. **Revista Brasileira de Biologia**, 61, p. 287-294, 2001.

HEIKKINEN, R. K.; LUOTO, M.; ARAÚJO, M. B.; VIRKKALA, R. *et al.* Methods and uncertainties in bioclimatic envelope modelling under climate change. **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**, 30, n. 6, p. 751-777, 2006/12/01 2006.

HERRANDO-PÉREZ, S.; FERRI YÁÑEZ, F.; MONASTERIO, C.; BEUKEMA, W. *et al.* Intraspecific variation in lizard heat tolerance alters estimates of climate impact. **Journal of Animal Ecology**, 88, p. 247-257, 2019.

HOFFMANN, A.; SGRO, C. Climate change and evolutionary adaptation. **Nature**, 470, p. 479-485, 2011.

HUEY, R. B.; BENNETT, A. F. Phylogenetic studies of coadaptation: preferred temperatures versus optimal performance temperatures of lizards. **Evolution**, 41, n. 5, p. 1098-1115, Sep 1987.

HUEY, R. B.; DEUTSCH, C. A.; TEWKSBURY, J. J.; VITT, L. J. *et al.* Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, p. 1939-1948, 2009. 10.1098/rspb.2008.1957.

HUEY, R. B.; HERTZ, P. E. Is a Jack-of-all-temperatures a master of none? **Evolution**, 38, n. 2, p. 441-444, 1984.

HUEY, R. B.; HERTZ, P. E.; SINERVO, B. Behavioral drive versus behavioral inertia in evolution: a null model approach. **The American Naturalist**, 161, n. 3, p. 357-366, Mar 2003.

HUEY, R. B.; KEARNEY, M. R.; KROCKENBERGER, A.; HOLTUM, J. A. *et al.* Predicting organismal vulnerability to climate warming: roles of behaviour, physiology and adaptation. **Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci**, 367, n. 1596, p. 1665-1679, Jun 19 2012.

HUMBOLDT, A. v.; BONPLAND, A. **Essai sur la géographie des plantes : accompagné d'un tableau physique des régions équinoxiales, fondé sur des mesures exécutées, depuis le dixième degré de latitude boréale jusqu'au dixième degré de latitude australe, pendant les années 1799, 1800, 1801, 1802 et 1803.** A Paris: Chez Levrault, Schoell et compagnie, libraires, 1805.

IPCC. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>, p. 151 2014.

IPCC; TEAM, C. W.; LEE, H.; ROMERO, J. **IPCC: Climate Change 2023: Synthesis Report.** 2020.

KIEFER, M.; VAN SLUYS, M.; ROCHA, C. Body temperatures of *Tropidurus torquatus* (Squamata, Tropiduridae) from coastal populations: do body temperatures vary along their geographic range? **Journal of Thermal Biology** 30, p. 449-456, 2005.

KOHLSDORF, T.; NAVAS, C. Ecological constraints on the association between field and preferred temperatures in Tropidurinae lizards. **Evolutionary Ecology**, 20, p. 549-564, 01/11 2006.

KUBISCH, E. L.; CORBALÁN, V.; IBARGÜENGOYTÍA, N. R.; SINERVO, B. Local extinction risk of three species of lizard from Patagonia as a result of global warming. **Canadian Journal of Zoology**, 94, n. 1, p. 49-59, 2016/01/01 2015.

LINHART, Y. B.; GRANT, M. C. Evolutionary significance of local genetic differentiation in plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 27, p. 237-277, 1996.

LYNCH, M.; GABRIEL, W. Environmental tolerance. **The American Naturalist**, 129, n. 2, p. 283-303, 1987.

NOGUEIRA, C.; RIBEIRO, S.; COSTA, G. C.; COLLI, G. R. Vicariance and endemism in a Neotropical savanna hotspot: distribution patterns of Cerrado squamate reptiles. **Journal of Biogeography**, 38, n. 10, p. 1907-1922, 2011/10/01 2011.

PANDIT, S. N.; MAITLAND, B. M.; PANDIT, L. K.; POESCH, M. S. *et al.* Climate change risks, extinction debt, and conservation implications for a threatened freshwater fish: Carmine shiner (*Notropis percobromus*). **Science of The Total Environment**, 598, p. 1-11, 2017/11/15/ 2017.

PIANTONI, C.; NAVAS, C. A.; IBARGÜENGOYTÍA, N. R. Vulnerability to climate warming of four genera of New World iguanians based on their thermal ecology. **Animal Conservation**, 19, n. 4, p. 391-400, 2016/08/01 2016.

PONTES-DA-SILVA, E.; MAGNUSSON, W. E.; SINERVO, B.; CAETANO, G. H. *et al.* Extinction risks forced by climatic change and intraspecific variation in the thermal physiology of a tropical lizard. **Journal of Thermal Biology**, 73, p. 50-60, 2018/04/01/ 2018.

PÖRTNER, H. O. Climate variations and the physiological basis of temperature dependent biogeography: systemic to molecular hierarchy of thermal tolerance in animals. **Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol**, 132, n. 4, p. 739-761, Aug 2002.

POST, E. **Ecology of Climate Change: The Importance of Biotic Interactions**. Princeton University Press, 2013. 9780691148472.

ROCHA, C.; BERGALLO, H. d. Thermal biology and flight distance of *Tropidurus oreadicus* (Sauria Iguanidae) in an area of Amazonian Brazil. **Ethology Ecology and Evolution**, 2, p. 263-268, 1990.

RODRIGUES, J. F. M.; BORGES-LEITE, M. J.; BORGES-NOJOSA, D. M. Does climate influence assemblages of anurans and lizards in a coastal area of north-eastern Brazil? **Acta Oecologica**, 77, p. 187-192, 2016/11/01/ 2016.

RODRIGUES, M. Sistemática, ecologia e zoogeografia dos *Tropidurus* do grupo *torquatus* ao sul do Rio Amazonas (Sauria, Iguanidae). **Arquivos de Zoologia, São Paulo**, 31, p. 105-230, 1987.

- SINERVO, B. Evolution of thermal physiology and growth rate between populations of the western fence lizard (*Sceloporus occidentalis*). **Oecologia**, 83, n. 2, p. 228-237, June 01 1990. journal article.
- SINERVO, B.; MÉNDEZ-DE-LA-CRUZ, F.; MILES, D. B.; HEULIN, B. *et al.* Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. **Science**, 328, n. 5980, p. 894 - 899, 2010. 10.1126/science.1184695.
- SINERVO, B.; MILES, D. B.; MARTÍNEZ-MÉNDEZ, N.; LARA-RESENDIZ, R. *et al.* Response to comment on “erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches”. **Science**, 332, n. 6029, p. 537, 2011. 10.1126/science.1195348.
- THOMAS, C. D.; CAMERON, A.; GREEN, R. E.; BAKKENES, M. *et al.* Extinction risk from climate change. **Nature**, 427, p. 145 - 148, 01/08/online 2004.
- THUILLER, W. Climate change and the ecologist. **Nature**, 448, p. 550 - 552, 08/01/online 2007.
- URBAN, C. M. Climate change. Accelerating extinction risk from climate change. **Science**, 348, p. 571-573, 2015.
- VALLADARES, F.; MATESANZ, S.; GUILHAUMON, F.; ARAÚJO, M. B. *et al.* The effects of phenotypic plasticity and local adaptation on forecasts of species range shifts under climate change. **Ecology Letters**, 17, n. 11, p. 1351-1364, 2014/11/01 2014.
- VAN SLUYS, M. Aspectos da ecologia do lagarto *Tropidurus itambere* (Tropiduridae), em uma área do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, 52, n. 1, p. 181-185, 1992.
- VANZOLINI, P. Miscellaneous notes on the ecology of some Brazilian lizards (Sauria). **Papéis Avulsos de Zoologia**, 26, n. 8, p. 83-115, 1972.
- VISSER, M. E. Interactions of climate change and species. **Nature**, 535, p. 236 - 237, 06/29/online 2016.
- VITT, L.; CARVALHO, C., Morato. Niche partitioning in a tropical wet season: lizards in the Lavrado Area of Northern Brazil. **Copeia** 1995, p. 305, 1995.
- WALTERS, R. J.; BLANCKENHORN, W. U.; BERGER, D. Forecasting extinction risk of ectotherms under climate warming: an evolutionary perspective. **Functional Ecology**, 26, n. 6, p. 1324-1338, 2012/12/01 2012.
- WALTHER, G.-R.; POST, E.; CONVEY, P.; MENZEL, A. *et al.* Ecological responses to recent climate change. **Nature**, 416, p. 389 - 395, 03/28/online 2002. Review Article.
- YUAN, F., Landry ; ADAM, F.; LAURENT, C.; MATTHEW, L. *et al.* Ecophysiological variation across a forest-ecotone gradient produces divergent climate change vulnerability within species. **Ecografia**, 41, p. 1-11, 2018.

2. Capítulo 1:

Abraçando a extinção: plasticidade fenotípica de lagartos Neotropicais (*Tropidurus itambere*: Squamata: Tropiduridae) é insuficiente frente às mudanças climáticas em escala local.

Autoria: Naiane Arantes Silva, Júlio Miguel de Alvarenga, Gabriel de Oliveira Caetano, Guarino Rinaldi Colli, Fabricius Maia Chaves Bicalho Domingos

Resumo

A plasticidade fenotípica é importante para a sobrevivência dos organismos em relação à variação das condições ambientais, pois permite o ajunte das características fisiológicas térmicas, para acompanhar as rápidas mudanças de temperatura ou umidade. O lagarto *Tropidurus itambere* possui a temperatura corporal intimamente influenciada pelo microclima e incidência de luz. Aqui investigamos os padrões de plasticidade térmica de aclimação de curto prazo em lagartos da espécie *T. itambere* através de aclimação em laboratório. Levando em consideração que os lagartos tendem a se ajustar fisiologicamente às condições térmicas oferecidas, submetemos uma população de lagartos de dois diferentes ambientes (cerrado rupestre com alterações antrópicas (CrA) e cerra rupestre conservado (CrP), a temperaturas 5 °C mais altas que a média do município ($28 + 5 \text{ °C} = 33 \text{ °C}$), durante oito semanas. Nós hipotetizamos, após a aclimação, observar; 1) um aumento da temperatura preferencial (T_{pref}); 2) um aumento da temperatura ótima de corrida; e 3) aumento na amplitude térmica de desempenho locomotor a 80% da capacidade de corrida (TB_{80}) e do desempenho locomotor a 80% (B_{80}); 4) um aumento da temperatura crítica máxima (CT_{max}), 5) um aumento da amplitude térmica de atividade. Nossos resultados demonstraram que após o período de aclimação os lagartos de ambos os locais apresentaram redução significativa da T_{pref} , as temperatura voluntária máxima dos lagartos do CrP diminuíram de cerca de 5°C, e dos lagartos do CrA cerca de 3 °C. Lagartos de ambos os ambientes aumentaram as temperatura voluntária mínimas em cerca de 5 °C. O nosso melhor modelo de desempenho locomotor é composto pela temperatura corporal, aclimação e ambiente, e encontramos um ajuste térmico da temperatura ótima após o período de aclimação para ambos os ambientes (24.8 - 32.2 °C). A amplitude de desempenho locomotor a 80% variou cerca de 4°C após a aclimação. Não houve diferenças significativas com relação

às temperaturas críticas máximas e mínimas. Em futuros cenários de mudanças climáticas, a redução da T_{pref} pode resultar em diminuição das horas de atividade, visto que os lagartos experimentarão temperaturas mais altas na natureza, bem como maior gasto energético devido ao maior investimento em termorregulação comportamental, selecionando microhábitats com temperaturas mais baixas. A mudança na forma das curvas de desempenho locomotor devido aos ajustes térmicos sofridos no TB80 e no T_o podem ter coincidido com os ajustes sofridos para acompanhar a sazonalidade do Cerrado. A ausência de plasticidade das temperaturas críticas máximas e mínimas pode estar relacionada com os limites de ajuste fisiológicos da espécie, que ao longo do tempo tende a impactar as atividades ecológicas, limitando as horas de forrageio, implicando na redução das chances de alimentação e reprodução. Os resultados encontrados neste estudo, indicam que as populações de *Tropidurus itambere* correm grandes riscos de serem extintas em locais com aumentos da temperatura ambiental no bioma Cerrado.

Palavras-chave; Plasticidade, desempenho, temperatura, fisiologia, mudança ambiental.

2.1. Introdução

A plasticidade fenotípica exerce um papel importante na sobrevivência dos organismos frente as mudanças ambientais de origem antrópica (NICOTRA *et al.*, 2010), pois atua como um amortecedor fisiológico contra mudanças rápidas de temperatura ou umidade (CHEVIN *et al.*, 2013; LANDE, 2009). A extensão e direção da plasticidade fenotípica são limitadas por restrições ecológicas e evolutivas (VALLADARES *et al.*, 2014), e geralmente apresentadas de acordo com respostas poligênicas, que aceleram a resposta diante de uma forte pressão seletiva (GOMULKIEWICZ *et al.*, 2010; LANDE, 1983). Em um aspecto geral, mudanças adaptativas no desempenho fisiológico podem ser resultado de vários processos biológicos, que ocorrem em uma escala de tempo relativamente longa. Porém, durante a vida de um indivíduo, seu desempenho pode ser alterado através da aclimação, que envolve modificações intracelulares diversas (SOMERO; DEVRIES, 1967) correspondendo, então, à um componente de plasticidade fenotípica.

Neste contexto, as funções de termorregulação podem também sofrer alterações fenotípicas via aclimação, através de mudanças vasculares epidérmicas e cuticulares (HILL, 2012). Da mesma maneira, em escala de múltiplas gerações, é possível que ocorra evolução adaptativa da termorregulação em resposta às modificações no ambiente térmico experimentado por determinada população. A seleção natural atua nos parâmetros-chave das funções de desempenho, temperatura crítica mínima (CTmin), temperatura ótima (To), temperatura de desempenho a 80% (TB80) e temperatura crítica máxima (CTmax), assim como a capacidade destes de serem modificados pelo processo de aclimação (KINGSOLVER; HUEY, 1998). Desta maneira, identificar a influência relativa dos processos adaptativos, ocorrendo ao longo de diversas gerações, e dos níveis de plasticidade fenotípica apresentados por determinada população, trata-se de informação chave para a compreensão da termorregulação em ambientes naturais (BOYLES *et al.*, 2011), bem como dos possíveis efeitos das mudanças climáticas em populações naturais (CANALE; HENRY, 2010).

Alguns estudos sugerem que as mudanças no fenótipo ocorrem mais rapidamente em ambientes antropizados e tendem a ter uma maior contribuição da plasticidade fenotípica (CHARMANTIER *et al.*, 2008; GIENAPP *et al.*, 2008; HENDRY *et al.*, 2008; OZGUL *et al.*, 2010), indicando que a plasticidade é ao menos parcialmente responsável pelas respostas às pressões humanas. Populações de espécies que apresentam baixas taxas

de dispersão e ao mesmo tempo ocupam ambientes heterogêneos, provêm evidências de que tanto a heterogeneidade espacial quanto a probabilidade de dispersão atuam como fatores seletivos, possivelmente favorecendo maior plasticidade fenotípica em escala local (SULTAN; SPENCER, 2002; VIA; LANDE, 1985). Assim, respostas plásticas em relação à temperatura podem variar de acordo com o ambiente em questão, e com a amplitude das mudanças observadas nos mesmos (PIE *et al.*, 2017). Estudos comparativos entre e dentro das populações em uma escala ecológica local podem auxiliar a desvendar os limites da flexibilidade na sensibilidade climática das populações (HUEY *et al.*, 2009) e, dessa forma, indicar os padrões resultantes de plasticidade fenotípica ou adaptação evolutiva. Considerando que nos últimos anos observamos o aumento da temperatura local, bem como constantes picos de temperaturas elevadas (DIFFENBAUGH; FIELD, 2013), tais pressões afetam diretamente a capacidade fisiológica da maioria das populações naturais, que irão responder organicamente seja através de processos adaptativos na fisiologia térmica, ou com alterações de comportamento termorregulatório (DUARTE *et al.*, 2012; SULTAN; SPENCER, 2002). A possibilidade de alteração das variáveis ecofisiológicas ao longo da vida dos indivíduos indicam a existência de plasticidade fenotípica em sua ecologia térmica, e possui importantes consequências para suas respostas frente as alterações ambientais (PALUMBI *et al.*, 2014; SOMERO; DEVRIES, 1967).

As mudanças ambientais climáticas tendem a promover a extinção local de diversas populações ou espécies (COLWELL *et al.*, 2008; DIRNBÖCK *et al.*, 2011). As alterações climáticas relacionadas a temperatura possuem papel preponderante na probabilidade de extinção, pois podem impactar substancialmente a capacidade fisiológica dos organismos, em especial dos ectotérmicos (BUCKLEY *et al.*, 2012; HUEY, 1982; SINERVO *et al.*, 2010). Ecologicamente, uma vez comprometida a capacidade fisiológica, o indivíduo não conseguirá desenvolver suas funções habituais, comprometendo diretamente a sobrevivência (RODRIGUES *et al.*, 2016). O comprometimento das características ecofisiológicas pode indicar diferenças na vulnerabilidade das populações de acordo com a estrutura do microhabitat e variações no microclima (PIANTONI *et al.*, 2016). Tais elementos são importantes para explicar a diversidade fenotípica em termos ecofisiológicos (ARANDA; GRACIOLLI, 2015; NOGUEIRA *et al.*, 2011), pois os padrões de respostas ecofisiológicas em escala ecológica pequena nos permitem inferir os processos responsáveis pela evolução das adaptações e da plasticidade fenotípica em relação à diferentes habitats e à ambientes

heterogêneos (DE SOUZA TERRA *et al.*, 2018; SENIOR *et al.*, 2019; VARGENS *et al.*, 2008), e substanciar a utilização de tais informações para a conservação da biodiversidade. Desta forma, entender o papel das mudanças ambientais em escala local e sua influência sobre as variações ecofisiológicas dos indivíduos pode também auxiliar em projeções futuras relativas à estabilidade da população (DE SOUZA TERRA *et al.*, 2018; VARGENS *et al.*, 2008).

Por terem a fisiologia influenciada pela temperatura ambiental, os lagartos são considerados excelentes modelos para investigar mudanças climáticas (BUCKLEY *et al.*, 2012). Esses organismos utilizam a temperatura do ambiente para regular sua temperatura corporal e desenvolver suas funções ecológicas diárias (ANGILLETTA, 2006; LYNCH; GABRIEL, 1987). Através da termorregulação comportamental, lagartos mantêm a temperatura corporal em uma faixa ótima para seu desempenho, evitando o aumento excessivo de sua temperatura corporal (T_b), impedindo-os de experimentarem extremos térmicos que sejam prejudiciais e até mesmo letais (BOGERT, 1949; HUEY *et al.*, 2003). Esses organismos possuem uma faixa de tolerância termal entre temperaturas muito baixas (CT_{min}) e muito altas (CT_{max}), e essa faixa termal é tratada como amplitude térmica de atividade, onde existe a temperatura ótima (T_o) de desempenho locomotor, que é frequentemente superior as médias da temperatura ambiental, e que está intimamente relacionada à sua temperatura corporal (T_b) (ANGILLETTA, 2006; LYNCH; GABRIEL, 1987). Assim, diferentes variáveis ambientais e a variação do microclima, tais como temperatura do ar e do substrato, e incidência solar direta, podem influenciar diretamente a temperatura corporal dos lagartos, e a resposta a estes fatores podem variar de forma intraespecífica, de acordo com ambiente onde se encontram (BERGALLO; ROCHA, 1993; HATANO *et al.*, 2001; KIEFER *et al.*, 2005; KOHLSDORF, T.; NAVAS, C., 2006; ROCHA; BERGALLO, 1990; VAN SLUYS, 1992). Gunderson e Stillman (2015) notaram uma baixa plasticidade de tolerância térmica para ectotérmicos em geral, indicando que a plasticidade de tolerância térmica pode evoluir em níveis relativamente baixos para a persistência da população. Tal resultado é preocupante, uma vez que a temperatura ambiental média está aumentando, assim como a frequência das oscilações térmica diárias (DIFFENBAUGH; FIELD, 2013; HANSEN *et al.*, 2012).

Lagartos da família Tropiduridae tendem a ajustar a temperatura corporal através do comportamento termorregulador de acordo com o ambiente colonizado (KOHLSDORF, T.; NAVAS, C., 2006). Existem evidências que a temperatura corporal

da espécie *Tropidurus itambere* está diretamente relacionada ao tipo de ambiente onde ela ocorre, variando de acordo com a temperatura do substrato, a incidência direta de luz, e por variações geográficas aparentemente intrínsecas (CRUZ, 1998; FROST *et al.*, 2001; HATANO *et al.*, 2001; KIEFER *et al.*, 2005; VAN SLUYS, 1992; VITT; CARVALHO, 1995). Para verificar a existência de plasticidade em populações naturais, podemos contar com três caminhos básicos: correlação fenótipo-ambiente e experimentos de aclimação/evolução. A correlação fenótipo-ambiente, é uma abordagem inferencial quantitativa, onde um fator ambiental (temperatura) é o que impulsiona mudanças no fenótipo (CROZIER *et al.*, 2011; QUINN; ADAMS, 1996). Por fim, os experimentos de aclimação/evolução são uma estratégia científica ideal para verificar o papel de determinado fator ambiental na potencial resposta do organismo à alteração específica do mesmo (BENDER *et al.*, 1984).

Neste trabalho, investigamos os padrões de plasticidade térmica de aclimação de curto prazo em lagartos da espécie *T. itambere*, utilizando uma abordagem experimental de aclimação em laboratório. Assim, considerando que os lagartos tendem a ajustar seu desempenho fisiológico às condições térmicas às quais são expostos (GUNDERSON; STILLMAN, 2015; PINTOR *et al.*, 2016; SEEBACHER, 2005) nós formulamos as seguintes hipóteses: após serem expostos, em laboratório, a temperaturas mais altas que experimentadas na natureza por um período de oito semanas, nós esperamos observar 1) um ajuste fisiológico térmico de aumento da temperatura preferencial (T_{pref}); 2) visto que existe uma associação entre as temperaturas corporais de atividade e a temperatura preferencial, e estas correspondem à temperatura ótima (T_o) de desempenho locomotor, esperamos observar um aumento da temperatura ótima de corrida; e 3) um ajuste no formato das curvas de desempenho locomotor, em particular um aumento na amplitude térmica da temperatura corporal de desempenho locomotor a 80% (TB80), do desempenho locomotor a 80% da capacidade (B80); além disso, esperamos observar 4) um aumento da temperatura crítica máxima (CT_{max}), bem como, 5) um aumento da amplitude térmica de atividade. Se essas hipóteses forem verdadeiras, haverá uma redução da sensibilidade térmica do desempenho fisiológico, indicando plasticidade térmica das populações amostradas (ANGILLETTA, J., MICHAEL J., 2009; HUEY; BENNETT, 1987; HUEY; KINGSOLVER, 1989).

2.2. Material e métodos

2.2.1. Área de estudo

Os dados foram coletados no Parque Municipal do Bacaba, uma área de conservação localizada no bioma Cerrado, no município de Nova Xavantina, MT. Devido ao habito de vida dos lagartos da espécie *Tropidurus itambere*, utilizado como objeto de estudo, realizamos as coletas em áreas de cerrado rupestre. Esta formação vegetal é estabelecida em morros, possui característica savânica com extrato arbóreo arbustivo ralo e grande presença de gramíneas, onde a principal característica é o fato da vegetação se estabelecer sobre afloramentos rochosos, em particular quartzito (ABAD; MARIMON, 2008; RIBEIRO; WALTER, 1998a). Assim, devido à alta exposição à luz solar, os ambientes de cerrado rupestre apresentam temperaturas geralmente mais altas quando comparadas com as outras fitofisionomias adjacentes.

Coletamos os lagartos em dois morros de cerrado rupestre adjacentes, separados por um vale de cerca de 1.5 km (Figura 1). Um dos morros de cerrado rupestre é bem preservado (CrP), com poucas atividades antrópicas devido a uma trilha de ecoturismo que percorre uma pequena área do ambiente (Figura 1). O outro morro apresenta um histórico de alterações ambientais contínuas (CrA), por possuir cerca de 40% de sua área em constante supressão vegetal devido a linha de alta tensão elétrica que corta o parque (Figura 1). Desta forma, as constantes alterações antrópicas potencializam as variações térmicas do ambiente.

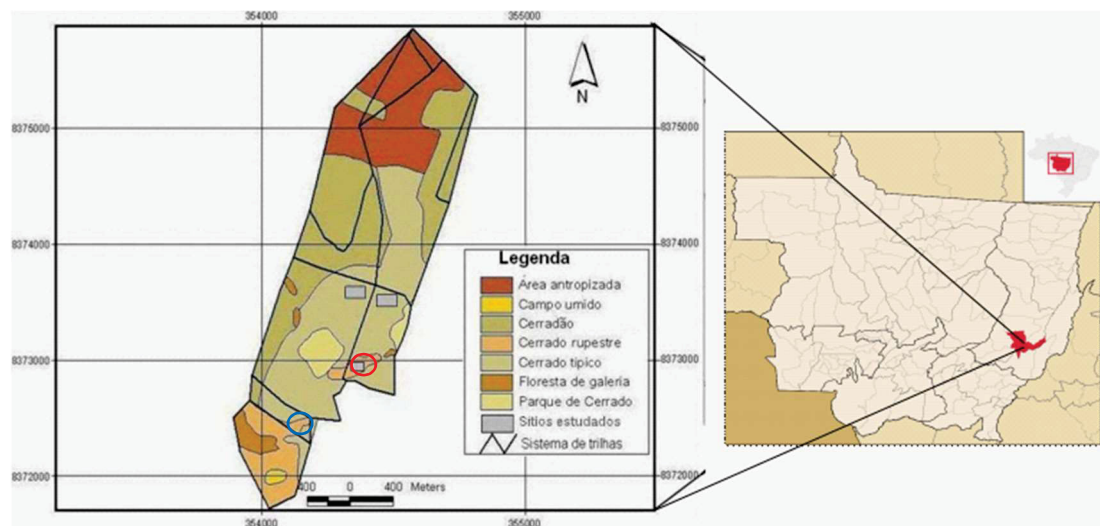


Figura 1: Áreas de cerrado rupestre onde as coletas foram realizadas no Parque Municipal do Bacaba município de Nova Xavantina, MT. Círculo vermelho - cerrado rupestre alterado (CrA); círculo azul - cerrado rupestre preservado (CrP).

2.2.2. Demais métodos

Os demais detalhes metodológicos de coleta dos dados ecofisiológicos, aclimação, e análises estatísticas estão descritos na seção Material e Métodos Geral (1.2).

2.3. Resultados

Capturamos 13 lagartos no CrP, perdemos três antes do experimento de aclimação, e dois durante o experimento, chegando ao final com oito espécimes. No CrA capturamos 11 indivíduos, perdemos quatro lagartos durante o experimento, e chegamos ao final com sete indivíduos. Nossos resultados mostraram que os lagartos de ambos os locais apresentaram redução significativa da T_{pref} após o período de aclimação ($t.s = 12.58$, $p < 2.2e-16$) (Figura 2), onde antes do período de aclimação os lagartos do CrP apresentaram TV_{max} , e TV_{min} mais baixas em relação aos lagartos do CrA. Após o período de aclimação, as TV_{max} dos lagartos do CrP diminuíram de 38 °C para 33 °C e os lagartos do CrA, de 36 °C para 33 °C, e as TV_{min} aumentaram de 24 °C para 30.5 °C, e de 26 °C para 31.5 °C, respectivamente. Tais evidências refutaram nossa primeira hipótese, onde previmos o aumento da T_{pref} após o experimento de aclimação.

Através de um teste de razão de verossimilhança verificamos que nosso Modelo Aditivo Misto Generalizado (GAMM) completo diferiu significativamente de um modelo nulo e ajustou adequadamente os dados ($X^2 [1] = 12.14$, $p < 0,001$, $r^2_{ajustado} = 0,721$). O modelo completo mostrou que apenas a temperatura influenciou significativamente o desempenho locomotor ($edf = 7.98$, $p < 0.005$). A seleção de modelos mostrou que o melhor modelo é composto pela temperatura corporal, aclimação e ambiente, de acordo com o critério de AIC (Tabela 1).

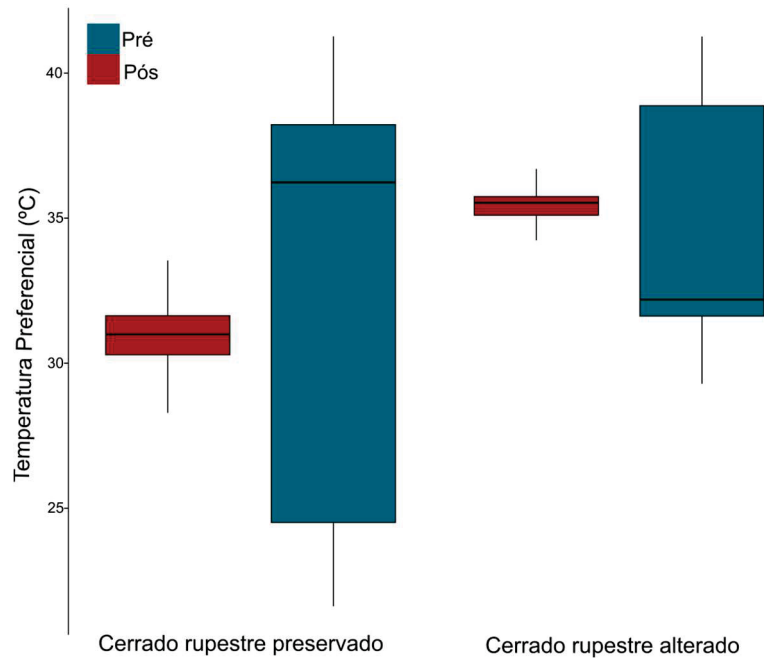


Figura 2: Boxplots demonstrando as diferenças da T_{pref} do lagarto *Tropidurus itambere* antes e após o período de aclimação e entre as áreas de cerrado rupestre alterado e cerrado rupestre preservado no bioma Cerrado, município de Nova Xavantina – MT.

Tabela 1: Seleção de modelos e média de modelos aditivos generalizados de efeitos mistos (GAMMs) relacionando preditores do desempenho locomotor (velocidade de *sprint*) do lagarto *Tropidurus itambere*. Os modelos representados são aqueles com $\Delta AICc < 4$. CRC: comprimento rostro cloacal, AICc: critério de informação de Akaike corrigido para amostras pequenas, $\Delta AICc$: diferença entre o modelo dado e o melhor modelo, wAICc: peso de Akaike.

Modelo		Df	AICC	$\Delta AICc$	wAICC
				CC	
Aclimação + ambiente + temperatura		7	-1063.59	0.00	0.20
Aclimação + temperatura		6	-1063.98	0.39	0.17
Ambiente + temperatura		6	-1064.78	1.19	0.11
Aclimação + CRC + temperatura		8	-1064.95	1.36	0.10
Importância	s(Temperatura)	Aclimação	Ambientes	Sexo	s(CRC)
Soma dos pesos	1.00	0.70	0.49	0.23	0.23

O melhor modelo possui uma interação entre a aclimação e a temperatura, e foi este o modelo usado como base para verificar os parâmetros que descrevem a sensibilidade das curvas de desempenho locomotor. A T_o de desempenho locomotor não diferiu entre os ambientes de coleta antes do período de aclimação (24.8 °C). No entanto, após o período de aclimação a T_o de ambos os ambientes aumentou para 32.2 °C (Figura 3), o que corrobora nossa segunda hipótese de que a temperatura ótima de desempenho locomotor tende a acompanhar o aumento da temperatura ambiental. Os lagartos não apresentaram diferenças quanto à amplitude térmica corporal do desempenho a 80% (TB80) entre os ambientes antes do período de aclimação, mas após o experimento notamos que CrP apresentou um aumento térmico de 19.8 para 25.7 °C do TB80. Tal fenômeno também foi observado na amplitude térmica corporal do desempenho locomotor a 50% (TB50), onde apenas os lagartos do CrP apresentaram um aumento térmico de 12.4 para 16.1 °C após o período de aclimação (Figura 3). A TB80 apresentou redução de aproximadamente 1 °C para ambas as populações após o período de aclimação. Apesar dos ajustes térmicos observados para os lagartos dos dois ambientes, o desempenho locomotor desses lagartos (aqui medidos em metros/segundo), apresentou redução da velocidade de corrida de aproximadamente 1 m/s, após o período de aclimação para todos parâmetros medidos (Desempenho máxima, Desempenho a 80% (B80) e Desempenho a 50% (B50) (Figura 3). Esses resultados mostram que *T. itambere* possui plasticidade fenotípica térmica e de desempenho locomotor; no entanto, nossa terceira hipótese de ajuste das curvas de desempenho foi corroborada.

O teste de igualdade de variância, mostrou que os lagartos do CrP e do CrA não possuem diferenças significativas com relação a C_{tmax} ($t.s. = 2.721, p = 0.12$), C_{tmin} ($t.s. = 0.327, p = 0.66$) e amplitude térmica de atividade ($t.s. = 2.596, p = 0.15$). Nossos resultados também mostraram que os lagartos de ambos os ambientes (CrP e CrA) não tiveram diferença significativa da C_{tmin} ($t.s. = 0.066, p = 0.84$), C_{tmax} ($t.s. = 1.889, p = 0.20$) e amplitude de atividade ($t.s. = 0.261, p = 0.71$) após o período de aclimação, o que refuta nossas quarta e quinta hipóteses, onde previmos o aumento térmico dessas características.

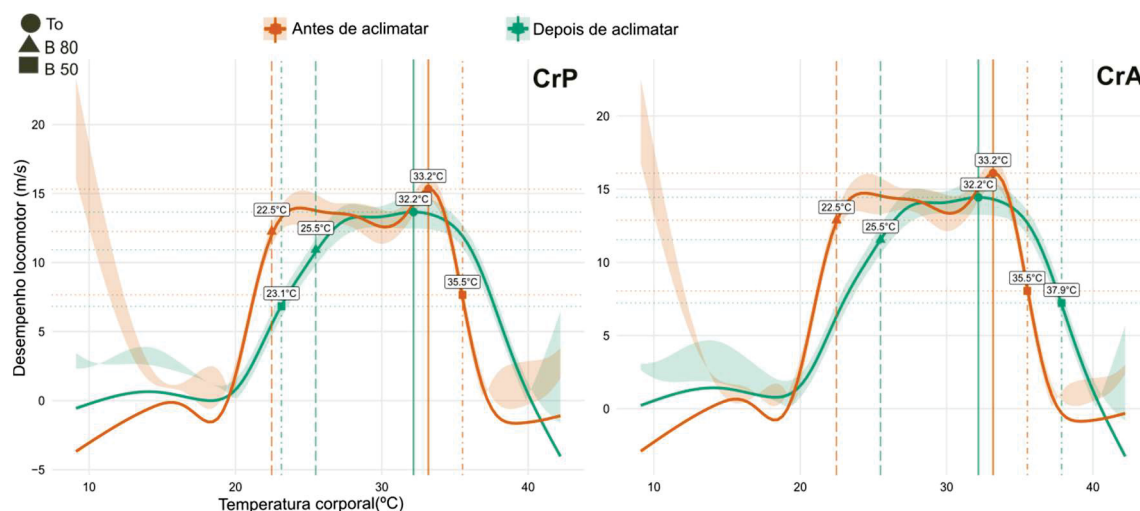


Figura 3: Curvas de performance baseada no melhor modelo (Aclimação + Ambiente + Temperatura) do lagarto *T. itambere* em áreas de cerrado rupestre alterado (CrA) e cerrado rupestre preservado (CrP) no bioma Cerrado, município de Nova Xavantina – MT. Relação entre o desempenho locomotor e a temperatura antes (linha laranja) e depois (linha verde) do experimento de aclimação.

2.4. Discussão

De maneira geral, nossos resultados implicam que os lagartos tendem a mudar ou diminuir suas horas de atividade caso experimentem condições de temperatura mais alta na natureza, além de maior demanda energética para sobreviverem em microhabitats mais quentes e/ou ensolarados, para manter sua temperatura corporal dentro da sua faixa térmica de atividade (GILBERT; MILES, 2016). Tal padrão é corroborado por observações de campo, onde ambos os locais foram amostrados a partir das 16:00, horário que os lagartos eram facilmente visualizados aproveitando as últimas horas de atividade, facilitando a coleta. Nossos resultados mostraram redução da T_{pref} após o período de aclimação para os lagartos do CrP e do CrA, e também apresentamos evidência de mudança na sensibilidade térmica do desempenho locomotor após o experimento, favorecendo temperaturas mais baixas (GILBERT; MILES, 2016). Tal resultado é provavelmente associado ao fato de que responder ao estresse térmico costuma ter um alto preço energético e, assim, favorecer o desempenho em temperaturas mais baixas pode ser vantajoso para conservação de energia durante horários mais estressantes (FEDER; HOFMANN, 1999). Kohlosdorf (2006) e colaboradores, sugeriram que as T_{pref} de Tropicurinae são bastante conservadas evolutivamente, mas podem sofrer ajuste de alguns graus Celsius, e que a evolução do comportamento termorregulador da família

pode ser ambientalmente restrito ou estar sob a ação da pressão seletiva (ANGILLETTA *et al.*, 2002; NAVAS, 2002). Sendo assim, se considerarmos as mudanças climáticas globais, lagartos que são forçados a restringir seus horários de atividade ao início ou final do dia (como ocorre com os lagartos do Cerrado) devido a uma T_{pref} reduzida, certamente estarão sob maior risco de extinção (SINERVO *et al.*, 2010). Por mais que a resposta ao estresse térmico indique a existência de uma certa plasticidade fenotípica, esse é um mecanismo de sobrevivência a picos de temperatura altas, e pode acarretar mudanças comportamentais e fisiológicas severas, comprometendo o sucesso reprodutivo e a sobrevivência das populações (DE-LIMA *et al.*, 2022; GILBERT; MILES, 2017; HUEY; BENNETT, 1987).

Também vimos que os lagartos da espécie *T. itambere* dos cerrados rupestre de Nova Xavantina-MT., possuem plasticidade térmica com relação ao desempenho locomotor. Após o período do experimento de aclimação dos lagartos, a temperatura corporal influenciou as formas das curvas de desempenho, assim como o local de origem dos indivíduos, preservado ou alterado, o que pode estar relacionado com a temperatura ambiental experimentada pelos indivíduos provenientes de cada local ao longo da vida. Durante o experimento, ao serem expostos a temperaturas mais altas do que experimentam diariamente na natureza, os lagartos ajustaram suas temperaturas ótimas (T_o) (Figura 3). É possível que tal padrão de plasticidade da T_o após o período de aclimação seja também utilizado como ajustes térmicos sazonais, visto que o Cerrado apresenta uma grande heterogeneidade térmica ao longo do ano, devido às suas estações muito bem definidas (inverno frio e seco e verão quente e úmido) (ANGILLETTA *et al.*, 2002; RIBEIRO; WALTER, 1998b). No entanto, o local de origem dos indivíduos também influenciou o desempenho locomotor dos lagartos, o que corroborou a nossa hipótese de que os lagartos tendem a acompanhar as condições térmicas do ambiente onde vivem, tendo assim seu desempenho moldado pelas condições térmicas locais experimentadas pelos indivíduos (ANGILLETTA, 2006; ANGILLETTA *et al.*, 2002).

O tamanho e a forma das curvas de desempenho térmico, assim como a sensibilidade térmica, são altamente influenciadas e tendem a variar com o hábitat, distribuição e variações temporais do clima, principalmente em ambientes sazonalmente heterogêneos como o Cerrado (ANGILLETTA, 2006; RIBEIRO; WALTER, 1998b). Nossos resultados corroboram essa hipótese, uma vez que os lagartos apresentaram um ajuste de 1 °C da T_o após o período de aclimação, corroborando nossa hipótese inicial de plasticidade fenotípica térmica das temperaturas do desempenho locomotor, e

sugerindo que poderia haver, ao longo de muitas gerações, seleção direcional para lagartos com T_o mais altas com o aumento das temperaturas ambientais. No entanto essa plasticidade também pode estar ligada a sazonalidade do ambiente, e acaba por não ser suficiente para amortecer as mudanças climáticas locais, uma vez que três lagartos não resistiram ao estresse térmico do experimento e acabaram morrendo ao longo do período de aclimação. Notamos que a velocidade de corrida dos lagartos diminuiu sutilmente após o experimento de aclimação, indicando que esses lagartos tendem a se manter ativos em temperaturas baixas, mas que seu desempenho tende a ficar comprometido em temperaturas altas.

Nossos resultados demonstram que as temperaturas corporais que mostraram maior desempenho locomotor foram temperaturas corporais mais baixas (Figura 2). A forma e altura das curvas de desempenho locomotor tendem a serem influenciadas pela temperatura corporal e a variação térmica local, ajustando as T_o s, amplitude térmica de desempenho do B80 e B50 (ANGILLETTA, J., MICHAEL J., 2009; ANGILLETTA *et al.*, 2003; FRAZIER *et al.*, 2006; IZEM; KINGSOLVER, 2005; KINGSOLVER, 2009). Nossos resultados mostraram que ocorreu aumento da temperatura dos lagartos do CrP, onde TB80 aumentou após o período de aclimação ($\text{pré} = 19.7$, $\text{pós} = 26$ °C), aumento não registrado nos lagartos do CrA (Tabela 2). Apesar desse aumento do TB80 registrado para os lagartos do CrP, indivíduos de ambos os locais apresentaram redução na velocidade de corrida após o período de aclimação ($\text{CrP} = 1.08$; $\text{CrA} = 0.64$) (Figura 3). Essa redução pode estar ligada ao fato desses lagartos já viverem em ambientes onde a temperatura ambiental é mais alta que a temperatura corporal, T_o , T_{pref} e CT_{max} . Caso esses lagartos experimentassem na natureza temperaturas ambientais mais altas, como ocorreu durante experimento de aclimação (28 °C + 5 °C = 33 °C), tenderiam a sofrer redução no tempo de atividade (KEARNEY *et al.*, 2009), ou redução do desempenho locomotor após um determinado período de tempo, como resposta a exposição a temperaturas subletais (GIBERT *et al.*, 2019; HUEY *et al.*, 2009). Caso a temperatura ambiental na sombra seja maior ou igual a T_o , o lagarto será forçado a procurar abrigo abaixo da superfície do solo ou a manter suas atividades em temperaturas corporais altas (DUNHAM; OVERALL, 1993). Além disso, existem registros de diminuição do desempenho locomotor, quando a temperatura ambiental é maior ou igual a T_o (HUEY; R PIANKA, 1983). Estes resultados, sugerem que os lagartos de ambos os cerrados rupestres podem ter dificuldades de manter as populações viáveis frente às mudanças climáticas previstas para as próximas décadas, pois já é notável a restrição nos horários

de forrageamento dos lagartos, sendo forçados a forragear apenas no início da manhã ou no final da tarde (observação pessoal de campo, N. A. S.).

As populações de *T. itambere* não apresentaram plasticidade com relação às temperaturas críticas. Nossos resultados não mostraram diferenças significativas para a C_{tmin} entre os ambientes ($t.s. = 0.33$, $p = 0.63$), e também não apresentaram ajuste dessa característica após o período de aclimação ($t.s. = 0.07$, $p = 0.86$). No entanto, neonatos de uma espécie irmã (*Tropidurus torquatus*) apresentaram aumento do C_{tmin} quando os ovos foram chocados em temperaturas mais elevada (DE-LIMA *et al.*, 2022), enquanto que esse padrão também não foi observado em indivíduos adultos dessa espécie. A ausência de plasticidade do C_{Tmax} , pode estar relacionada com os limites de ajuste fisiológicos da espécie, que ao longo do tempo tende a impactar as atividades ecológicas, limitando as horas de forrageio, implicando na redução das chances de alimentação e reprodução (DU *et al.*, 2010). Quando o ambiente fornece temperaturas excessivamente altas ou baixas, os lagartos controlam sua temperatura corporal através do comportamento (CASTILLA *et al.*, 1999; DÍAZ, 1997; MAIA-CARNEIRO *et al.*, 2017; ROCHA *et al.*, 2009), e manter a faixa térmica preferida ou a de melhor desempenho é um grande desafio para esses animais em locais onde a temperatura ambiental é excedente (CASTILLA *et al.*, 1999; GILBERT; MILES, 2017; KOHLSDORF, T.; NAVAS, C. A., 2006; SAGONAS *et al.*, 2013; VAN DAMME *et al.*, 1987). Mesmo com os ajustes comportamentais da temperatura corporal, não sabemos ao certo como os lagartos tendem a responder ao aumento da temperatura ambiental, mas sabemos que os estímulos para aclimação experimental em duas espécies irmãs (*T. torquatus* e *Topidurus catalanensis*) (MAIA-CARNEIRO; NAVAS, 2021) com a exposição a temperaturas mais quentes pode ter levado vários indivíduos a morte.

2.5. Conclusão

Nossos resultados indicam que indivíduos de *T. itambere* vivendo em um ambiente preservado e um ambiente alterado apresentam plasticidade fenotípica quanto às temperaturas de desempenho locomotor, inclusive a T_o de corrida. Contudo, os lagartos apresentaram uma diminuição da velocidade de corrida, pois estão experimentando temperaturas ambientais muito próximas das temperaturas subletais. Tal fato resultou em redução do desempenho locomotor em T_{bs} muito altas, e indica que eles provavelmente reduzirão as horas de forrageamento quando em situação natural. Vimos também que a T_{pref} sofreu uma redução após a exposição ao estresse térmico. Além

disso, também observamos que indivíduos de ambos os locais não apresentam plasticidade térmica com relação às temperaturas críticas. Uma vez que a temperatura ambiental continua a aumentar, assim como as incidências de picos de altas temperaturas locais, os lagartos tenderão a reduzir seus horários de forrageamento e seu desempenho locomotor, se limitando à termorregulação comportamental até esta não ser suficiente para suavizar as perdas metabólicas. Em conjunto, estes resultados indicam que as populações de *Tropidurus itambere* correm grandes riscos de serem extintas em locais com aumentos constantes da temperatura ambiental no bioma Cerrado.

2.6. Referências Bibliográficas

ABAD, J. C. S.; MARIMON, B. S. Caracterização e diagnóstico ambiental do Parque Municipal do Bacaba (Nova Xavantina, MT). In: **Gestão e educação ambiental: água, biodiversidade e cultura**. São Carlos: RIMA, 2008. p. 23-53.

ANGILLETTA, J., M. J. **Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis**. Oxford: Oxford University Press, 2009. 1-302 p.

ANGILLETTA, J., Michael J. Estimating and comparing thermal performance curves. **Journal of Thermal Biology**, 31, n. 7, p. 541-545, 2006/10/01/ 2006.

ANGILLETTA, J., Michael J. Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis. **Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis**, p. 1-302, 01/01 2009.

ANGILLETTA, J., Michael; NIEWIAROWSKI, P. H.; NAVAS, C. A. The evolution of thermal physiology in ectotherms. **Journal of Thermal Biology**, 27, n. 4, p. 249-268, 2002/08/01/ 2002.

ANGILLETTA, M. J.; WILSON, R. S.; NAVAS, C. A.; JAMES, R. S. Tradeoffs and the evolution of thermal reaction norms. **Trends in Ecology & Evolution**, 18, n. 5, p. 234-240, 2003/05/01/ 2003.

ARANDA, R.; GRACIOLLI, G. Spatial-temporal distribution of the Hymenoptera in the Brazilian Savanna and the effects of habitat heterogeneity on these patterns. **Journal of Insect Conservation**, 2015.

BENDER, E. A.; CASE, T. J.; GILPIN, M. E. Perturbation experiments in community ecology: Theory and practice. **Ecology**, 65, n. 1, p. 1-13, 1984.

BERGALLO, H. d.; ROCHA, C. Activity patterns and body temperatures of two sympatric lizards (*Tropidurus torquatus* and *Cnemidophorus ocellifer*) with different foraging tactics in southeastern Brazil. **Amphibia-Reptilia**, 14, p. 312-315, 1993.

BOGERT, C. M. Thermoregulation in reptiles, a factor in evolution. **Evolution**, 3, n. 3, p. 195-211, 1949/09/01 1949. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1949.tb00021.x>.

BOYLES, J. G.; SEEBACHER, F.; SMIT, B.; MCKECHNIE, A. E. Adaptive thermoregulation in endotherms may alter responses to climate change. **Integr Comp Biol**, 51, n. 5, p. 676-690, Nov 2011.

BUCKLEY, L. B.; HURLBERT, A. H.; JETZ, W. Broad-scale ecological implications of ectothermy and endothermy in changing environments. **Global Ecology and Biogeography**, 21, n. 9, p. 873-885, 2012/09/01 2012.

CANALE, C.; HENRY, P.-Y. Adaptive phenotypic plasticity and resilience of vertebrates to increasing climatic unpredictability. **Climate Research**, 43, p. 135-147, 08/05 2010.

CASTILLA, A. M.; VAN DAMME, R.; BAUWENS, D. Field body temperatures, mechanisms of thermoregulation and evolution of thermal characteristics in lacertid lizards. **Natura Croatica**, 8, p. 253-274, 09/30 1999.

CHARMANTIER, A.; MCCLEERY, R. H.; COLE, L. R.; PERRINS, C. *et al.* Adaptive phenotypic plasticity in response to climate change in a wild bird population. **Science**, 320, n. 5877, p. 800-803, 2008/05/09 2008.

CHEVIN, L.-M.; COLLINS, S.; LEFÈVRE, F. Phenotypic plasticity and evolutionary demographic responses to climate change: taking theory out to the field. **Functional Ecology**, 27, n. 4, p. 967-979, 2013/08/01 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2012.02043.x>.

CLUSELLA-TRULLAS, S.; CHOWN, S. L. Lizard thermal trait variation at multiple scales: a review. **J Comp Physiol B**, 184, n. 1, p. 5-21, Jan 2014.

COLWELL, R. K.; BREHM, G.; CARDELÚS, C. L.; GILMAN, A. C. *et al.* Global warming, elevational range shifts, and lowland biotic attrition in the wet tropics. **Science**, 322, n. 5899, p. 258 - 261, 2008. 10.1126/science.1162547.

CROZIER, L.; SCHEUERELL, M.; ZABEL, R. Using time series analysis to characterize evolutionary and plastic responses to environmental change: A case study of a shift toward earlier migration date in sockeye salmon. **The American naturalist**, 178, p. 755-773, 12/01 2011.

CRUZ, F. Natural history of *Tropidurus spinulosus* (Squamata: Tropiduridae), from the dry chaco of Salta, Argentina. **Revista Herpetológica**, 8, p. 107-110, 1998.

DE-LIMA, A. K. S.; DE OLIVEIRA, C. H.; PIC-TAYLOR, A.; KLACZKO, J. Effects of incubation temperature on development, morphology, and thermal physiology of the emerging Neotropical lizard model organism *Tropidurus torquatus*. **Scientific Reports**, 12, n. 1, p. 17153, 2022/10/13 2022.

DE SOUZA TERRA, J.; ORTEGA, Z.; FERREIRA, V. L. Thermal ecology and microhabitat use of an arboreal lizard in two different Pantanal wetland phytophysionomies (Brazil). **Journal Thermal Biology**, 75, p. 81-87, Jul 2018.

DÍAZ, J. A. Ecological correlates of the thermal quality of an ectotherm's habitat: a comparison between two temperate lizard populations. **Functional Ecology**, 11, n. 1, p. 79-89, 1997/02/01 1997. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1997.00058.x>.

DIFFENBAUGH, N. S.; FIELD, C. B. Changes in ecologically critical terrestrial climate conditions. **Science**, 341, n. 6145, p. 486-492, 2013/08/02 2013.

DIRNBÖCK, T.; ESSL, F.; RABITSCH, W. Disproportional risk for habitat loss of high-altitude endemic species under climate change. **Global Change Biology**, 17, n. 2, p. 990-996, 2011/02/01 2011.

DU, W.-G.; ELPHICK, M.; SHINE, R. Thermal regimes during incubation do not affect mean selected temperatures of hatchling lizards (*Bassiana duperreyi*, Scincidae). **Journal of Thermal Biology**, 35, n. 1, p. 47-51, 2010/01/01/ 2010.

DUARTE, H.; TEJEDO, M.; KATZENBERGER, M.; MARANGONI, F. *et al.* Can amphibians take the heat? Vulnerability to climate warming in subtropical and temperate larval amphibian communities. **Global Change Biology**, 18, n. 2, p. 412-421, 2012/02/01 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02518.x>.

DUNHAM, A. E.; OVERALL, K. L. Population responses to environmental change: physiologically structured models, operative environments, and population dynamics. *In*: P. M. KAREIVA, J. G. e HUEY, K. R. B. (Ed.). **Biotic Interactions and Global Change**. Sunderland, MA: Sinauer Associates: Oxford University Press, 1993. v. 34, p. 382-396.

FEDER, M. E.; HOFMANN, G. E. Heat-shock proteins, molecular chaperones, and the stress response: evolutionary and ecological physiology. **Annu Rev Physiol**, 61, p. 243-282, 1999.

FRAZIER, M. R.; HUEY, R. B.; BERRIGAN, D. Thermodynamics constrains the evolution of insect population growth rates: "Warmer is better". **American Society of Naturalists**, 168, n. 4, p. 512-520, Oct 2006.

FRIENDLY, M.; SIGAL, M. Visualizing tests for equality of covariance matrices. **The American Statistician**, 74, n. 2, p. 144-155, 2020/04/02 2018.

FROST, D. R.; RODRIGUES, M. T.; GRANT, T.; TITUS, T. A. Phylogenetics of the lizard genus *Tropidurus* (Squamata: Tropiduridae: Tropidurinae): direct optimization, descriptive efficiency, and sensitivity analysis of congruence between molecular data and morphology. **Mol Phylogenet Evol**, 21, n. 3, p. 352-371, Dec 2001.

GASTWIRTH, J. L.; GEL, Y. R.; HUI, W. L. W.; LYUBCHICH, V. *et al.* Package 'lawstat'. **CRAN: Tools for Biostatistics, Public Policy, and Law**, 2017.

GIBERT, P.; DEBAT, V.; GHALAMBOR, C. K. Phenotypic plasticity, global change, and the speed of adaptive evolution. **Current Opinion in Insect Science**, 35, p. 34-40, 2019/10/01/ 2019.

GIENAPP, P.; TEPLITSKY, C.; ALHO, J. S.; MILLS, J. A. *et al.* Climate change and evolution: Disentangling environmental and genetic responses. **Molecular Ecology**, 17, n. 1, p. 167-178, Jan 2008.

GILBERT, A. L.; MILES, D. B. Food, temperature and endurance: effects of food deprivation on the thermal sensitivity of physiological performance. **Functional Ecology**, 30, n. 11, p. 1790-1799, 2016/11/01 2016. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12658>.

GILBERT, A. L.; MILES, D. B. Natural selection on thermal preference, critical thermal maxima and locomotor performance. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 284, n. 1860, p. 20170536, 2017/08/16 2017.

GOMULKIEWICZ, R.; HOLT, R. D.; BARFIELD, M.; NUISMER, S. L. Genetics, adaptation, and invasion in harsh environments. **Evolutionary Applications**, 3, n. 2, p. 97-108, Mar 2010.

GUNDERSON, A. R.; STILLMAN, J. H. Plasticity in thermal tolerance has limited potential to buffer ectotherms from global warming. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 282, n. 1808, p. 20150401, 2015/06/07 2015.

HANSEN, J.; SATO, M.; RUEDY, R. Perception of climate change. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 109, n. 37, p. E2415-E2423, 2012/09/11 2012.

HATANO, F. H.; VRCIBRADIC, D.; GALDINO, C. A. B.; CUNHA-BARROS, M. *et al.* Thermal ecology and activity patterns of the lizard community of the Restinga of Jurubatiba, Macaé, RJ. **Revista Brasileira de Biologia**, 61, p. 287-294, 2001.

HENDRY, A. P.; FARRUGIA, T. J.; KINNISON, M. T. Human influences on rates of phenotypic change in wild animal populations. **Mol Ecol**, 17, n. 1, p. 20-29, Jan 2008.

HILL, R. W. Thermal Relations. *In*: HILL, R. W. e ANDERSON, M. (Ed.). **Animal Physiology**. Sunderland, Massachusetts: CopyrightG, 2012.

HOEGH-GULDBERG, O.; D. JACOB; M. TAYLOR; M. BINDI *et al.* **Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems**. Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, NY, USA., p. 175-312. 2018.

HUEY, R.; R. PIANKA, E. Temporal separation of activity and interspecific dietary overlap (with an Appendix by S. L. Pimm). *In*: **Ecologia de Lagarto: Estudos de um Organismo Modelo**: Harvard University Press, 1983. p. 281-296.

HUEY, R. B., 1982, **Temperature , Physiology , and the Ecology of Reptiles**.

HUEY, R. B.; BENNETT, A. F. Phylogenetic studies of coadaptation: preferred temperatures versus optimal performance temperatures of lizards. **Evolution**, 41, n. 5, p. 1098-1115, Sep 1987.

HUEY, R. B.; DEUTSCH, C. A.; TEWKSBURY, J. J.; VITT, L. J. *et al.* Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, p. 1939-1948, 2009. 10.1098/rspb.2008.1957.

HUEY, R. B.; HERTZ, P. E.; SINERVO, B. Behavioral drive versus behavioral inertia in evolution: a null model approach. **The American Naturalist**, 161, n. 3, p. 357-366, Mar 2003.

HUEY, R. B.; KINGSOLVER, J. G. Evolution of thermal sensitivity of ectotherm performance. **Trends Ecol Evol**, 4, n. 5, p. 131-135, May 1989.

HUEY, R. B.; STEVENSON, R. D. Integrating thermal physiology and ecology of ectotherms: A discussion of approaches. **American Zoologist**, 19, n. 1, p. 357-366, 1979.

IPCC. **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** IPCC. Geneva, Switzerland. 2014.

IZEM, R.; KINGSOLVER, J. G. Variation in continuous reaction norms: quantifying directions of biological interest. **Am Nat**, 166, n. 2, p. 277-289, Aug 2005.

KEARNEY, M.; SHINE, R.; PORTER, W. P. The potential for behavioral thermoregulation to buffer “cold-blooded” animals against climate warming. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 106, n. 10, p. 3835-3840, 2009/03/10 2009.

KIEFER, M.; VAN SLUYS, M.; ROCHA, C. Body temperatures of *Tropidurus torquatus* (Squamata, Tropiduridae) from coastal populations: do body temperatures vary along their geographic range? **Journal of Thermal Biology** 30, p. 449-456, 2005.

KINGSOLVER, Joel G. The well-temperated biologist. **The American Naturalist**, 174, n. 6, p. 755-768, 2009/12/01 2009.

KINGSOLVER, J. G.; HUEY, R. B. Evolutionary analyses of morphological and physiological plasticity in thermally variable environments. **Integrative and Comparative Biology**, 38, p. 545-560, 1998.

KINGSOLVER, J. G.; WOODS, H. A.; BUCKLEY, L. B.; POTTER, K. A. *et al.* Complex life cycles and the responses of insects to climate change. **Integrative and Comparative Biology**, 51, n. 5, p. 719-732, Nov 2011.

KOHLSDORF, T.; NAVAS, C. Ecological constraints on the association between field and preferred temperatures in Tropidurinae lizards. **Evolutionary Ecology**, 20, p. 549-564, 01/11 2006.

KOHLSDORF, T.; NAVAS, C. A. Ecological constraints on the evolutionary association between field and preferred temperatures in Tropidurinae lizards. **Evolutionary Ecology**, 20, n. 6, p. 549-564, 2006/11/01 2006.

LANDE, R. The response to selection on major and minor mutations affecting a metrical trait. **Heredity**, 50, n. 1, p. 47-65, 1983/02/01 1983.

LANDE, R. Adaptation to an extraordinary environment by evolution of phenotypic plasticity and genetic assimilation. **Journal of Evolutionary Biology**, 22, n. 7, p. 1435-1446, Jul 2009.

LEVENE, H. Robust Tests for Equality of Variances. *In*: OLKIN, I. (Ed.). **Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling.** Palo Alto: Stanford University Press, 1960. p. 278-292.

LOGAN, M. L.; COX, R. M.; CALSBEEK, R. Natural selection on thermal performance in a novel thermal environment. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 111, n. 39, p. 14165-14169, 2014/09/30 2014.

LYNCH, M.; GABRIEL, W. Environmental tolerance. **The American Naturalist**, 129, n. 2, p. 283-303, 1987.

MAIA-CARNEIRO, T.; DORIGO, T.; ROCHA, C. Seasonal influences of wind intensity on activity rates and thermoregulation of differently sized individuals of *Liolaemus lutzae* (Squamata: Liolaemidae). **Salamandra**, 53, p. 469-472, 01/01 2017.

MAIA-CARNEIRO, T.; NAVAS, C. A. Ecological constraints to match field and preferred temperatures in lizards *Tropidurus catalanensis* (Squamata; Tropiduridae). **Journal of Thermal Biology**, 98, p. 102903, 2021/05/01/ 2021.

MURRISH, D. E.; VANCE, V. J. Physiological responses to temperature acclimation in the lizard *Uta mearnsi*. **Comparative Biochemistry and Physiology**, 27, n. 1, p. 329-337, 1968/10/01/ 1968.

NAVAS, C. A. Herpetological diversity along Andean elevational gradients: links with physiological ecology and evolutionary physiology. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, 133, n. 3, p. 469-485, 2002/11/01/ 2002.

NICOTRA, A. B.; ATKIN, O. K.; BONSER, S. P.; DAVIDSON, A. M. *et al.* Plant phenotypic plasticity in a changing climate. **Trends Plant Sci**, 15, n. 12, p. 684-692, Dec 2010.

NOGUEIRA, C.; RIBEIRO, S.; COSTA, G. C.; COLLI, G. R. Vicariance and endemism in a Neotropical savanna hotspot: distribution patterns of Cerrado squamate reptiles. **Journal of Biogeography**, 38, n. 10, p. 1907-1922, 2011/10/01 2011.

OMETTO, J. P.; K. KALABA; G.Z. ANSHARI; N. CHACÓN *et al.* **CrossChapter Paper 7: Tropical Forests**. Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, NY, USA, p. 2369–2410. 2022.

OZGUL, A.; CHILDS, D. Z.; OLI, M. K.; ARMITAGE, K. B. *et al.* Coupled dynamics of body mass and population growth in response to environmental change. **Nature**, 466, n. 7305, p. 482-485, 2010/07/01 2010.

PALUMBI, S. R.; BARSHIS, D. J.; TRAYLOR-KNOWLES, N.; BAY, R. A. Mechanisms of reef coral resistance to future climate change. **Science**, 344, n. 6186, p. 895-898, May 23 2014.

PIANTONI, C.; NAVAS, C. A.; IBARGÜENGOYTÍA, N. R. Vulnerability to climate warming of four genera of New World iguanians based on their thermal ecology. **Animal Conservation**, 19, n. 4, p. 391-400, 2016/08/01 2016.

PIE, M. R.; CAMPOS, L. L. F.; MEYER, A. L. S.; DURAN, A. The evolution of climatic niches in squamate reptiles. **Proc Biol Sci**, 284, n. 1858, Jul 12 2017.

PINTOR, A. F. V.; SCHWARZKOPF, L.; KROCKENBERGER, A. K. Extensive acclimation in ectotherms conceals interspecific variation in thermal tolerance limits. **PLOS ONE**, 11, n. 3, p. e0150408, 2016.

QUINN, T. P.; ADAMS, D. J. Environmental changes affecting the migratory timing of American shad and sockeye salmon. **Ecology**, 77, n. 4, p. 1151-1162, 1996.

- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. *In: Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1998a. p. 98-168.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *In: SANO, S. M. e ALMEIDA, S. P. (Ed.). Cerrado: Ambiente e Flora*. Brasília: Embrapa, 1998b.
- ROCHA, C.; BERGALLO, H. d. Thermal biology and flight distance of *Tropidurus oreadicus* (Sauria Iguanidae) in an area of Amazonian Brazil. **Ethology Ecology and Evolution**, 2, p. 263-268, 1990.
- ROCHA, C. F. D.; VAN SLUYS, M.; VRCIBRADIC, D.; KIEFER, M. C. *et al.* Comportamiento de termorregulación en lagartos brasileiros thermoregulatory behavior in brazilian lizards. **Fundación Dialnet**, 13, n. 1981-9366, p. 115-131, 2009.
- RODRIGUES, J. F. M.; BORGES-LEITE, M. J.; BORGES-NOJOSA, D. M. Does climate influence assemblages of anurans and lizards in a coastal area of north-eastern Brazil? **Acta Oecologica**, 77, p. 187-192, 2016/11/01/ 2016.
- SAGONAS, K.; MEIRI, S.; VALAKOS, E. D.; PAFILIS, P. The effect of body size on the thermoregulation of lizards on hot, dry Mediterranean islands. **Journal of Thermal Biology**, 38, n. 2, p. 92-97, 2013/02/01/ 2013.
- SEEBACHER, F. A review of thermoregulation and physiological performance in reptiles: what is the role of phenotypic flexibility? **J Comp Physiol B**, 175, n. 7, p. 453-461, Oct 2005.
- SENIOR, A. F.; ATKINS, Z. S.; CLEMAN, N.; GARDNER, M. G. *et al.* Variation in thermal biology of three closely related lizard species along an elevation gradient. **Biological Journal of the Linnean Society**, 127, n. 2, p. 278-291, 2019.
- SINCLAIR, B. J.; MARSHALL, K. E.; SEWELL, M. A.; LEVESQUE, D. L. *et al.* Can we predict ectotherm responses to climate change using thermal performance curves and body temperatures? **Ecology Letters**, 19, n. 11, p. 1372-1385, 2016/11/01 2016. <https://doi.org/10.1111/ele.12686>.
- SINERVO, B.; MÉNDEZ-DE-LA-CRUZ, F.; MILES, D. B.; HEULIN, B. *et al.* Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. **Science**, 328, n. 5980, p. 894 - 899, 2010. 10.1126/science.1184695.
- SOMERO, G. N.; DEVRIES, A. L. Temperature tolerance of some Antarctic fishes. **Science**, 156, n. 3772, p. 257-258, Apr 14 1967.
- SULTAN, S. E.; SPENCER, H. G. Metapopulation structure favors plasticity over local adaptation. **The American Naturalist**, 160, n. 2, p. 271-283, Aug 2002.
- TERBLANCHE, J. S.; DEERE, J. A.; CLUSELLA-TRULLAS, S.; JANION, C. *et al.* Critical thermal limits depend on methodological context. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 274, n. 1628, p. 2935-2943, 2007/12/07 2007.
- VALLADARES, F.; MATESANZ, S.; GUILHAUMON, F.; ARAÚJO, M. B. *et al.* The effects of phenotypic plasticity and local adaptation on forecasts of species range shifts under climate change. **Ecology Letters**, 17, n. 11, p. 1351-1364, 2014/11/01 2014.

VAN DAMME, R.; BAUWENS, D.; VERHEYEN, R. F. Thermoregulatory responses to environmental seasonality by the lizard *Lacerta vivipara*. **Herpetologica**, 43, n. 4, p. 405-415, 1987.

VAN SLUYS, M. Aspectos da ecologia do lagarto *Tropidurus itambere* (Tropiduridae), em uma área do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, 52, n. 1, p. 181-185, 1992.

VARGENS, M., M. F.; DIAS, E.; LIRA-DA-SILVA, R., M. Ecologia térmica, período de atividade e uso de microhabitat do lagarto *Tropidurus hygomi* (Tropiduridae) na Restinga de Abaeté, Salvador, Bahia, Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, 23, p. 143-156, 2008.

VIA, S.; LANDE, R. Genotype-environment interaction and the evolution of phenotypic plasticity. **Evolution**, 39, n. 3, p. 505-522, 1985/05/01 1985. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1985.tb00391.x>.

VITT, L.; CARVALHO, C., Morato. Niche partitioning in a tropical wet season: lizards in the Lavrado Area of Northern Brazil. **Copeia** 1995, p. 305, 1995.

WOOD, S. N. **Generalized Additive Models: An Intruduction with R**. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017.

3. Capítulo 2

Desempenho fisiológico e plasticidade térmica de *Tropidurus torquatus* (Squamata: Tropiduridae) em ambiente natural e urbano

Autoria: Naiane Arantes Silva, Júlio Miguel de Alvarenga, Gabriel de Oliveira Caetano, Guarino Rinaldi Colli, Fabricius Maia Chaves Bicalho Domingos

Resumo

Compreender a relação entre o aumento da temperatura ambiental e a capacidade fisiológica de lagartos, é essencial para explicar a diversidade fenotípica em termos fisiológicos, pois os padrões de respostas ecofisiológicas em diferentes ambientes nos permitem inferir os processos responsáveis pela evolução das adaptações e da plasticidade térmica em relação a diferentes ambientes. Em geral, lagartos tendem a apresentar plasticidade fenotípica de aclimação de curto e longo prazo, na tentativa de ajustar o desempenho fisiológico às condições térmicas oferecidas pelo ambiente. Neste trabalho, capturamos lagartos *Tropidurus torquatus* em área natural (mata de galeria preservada) e áreas antropizada (zona urbana), e comparamos parâmetros ecofisiológicos dos mesmos antes e depois de um experimento de aclimação. Não encontramos diferenças significativas entre T_o , Ct_{max} , Ct_{min} e T_{pref} dos lagartos entre os ambientes. Deste modo, esperamos que após o período de aclimação os lagartos coletados em ambiente urbano aumentem Ct_{max} , enquanto que os lagartos da mata de galeria tenderiam a aumentar a T_o e a Ct_{min} . Observamos que após o período experimental de aclimação os lagartos mantiveram a mesma T_o , no entanto a amplitude térmica do B_{80} aumentou 0.1 °C após o período de aclimação. Observamos que o lagarto *T. torquatus* possui pouca plasticidade térmica, o que pode não ser suficiente para acompanhar as rápidas mudanças ambientais ocorrentes no bioma Cerrado. Houve pequeno aumento da velocidade de corrida após o experimento, que pode estar relacionado a ampla distribuição geográfica da espécie. Vimos que *T. torquatus* não apresentou aclimação para temperaturas de desempenho locomotor, e a apresentaram uma redução menor da velocidade de corrida. Diante do cenário atual, onde o aquecimento da temperatura ambiental é uma certeza para as próximas décadas, tais padrões são preocupantes para a conservação destes lagartos no Cerrado.

Palavras-chave: Ecofisiologia; Lagartos; Mudanças ambientais; Plasticidade térmica.

3.1. Introdução

O aumento das temperaturas ambientais, e picos de temperaturas elevadas têm se tornado comum nos últimos anos (DIFFENBAUGH; FIELD, 2013) e podem restringir o nicho térmico de lagartos, pois afetam diretamente o comportamento e fisiologia de ectotérmicos, comprometendo o desempenho ecológico e sobrevivência dos indivíduos (ANGILLETTA *et al.*, 2002; HUEY, 1982; HUEY; SLATKIN, 1976). Lagartos utilizam comportamento termorregulatório para ajustar sua temperatura corporal, mantendo-a dentro de limites máximos e mínimos ótimos para o forrageamento, potencialmente amortecendo o impacto das mudanças térmicas do habitat (ANGILLETTA *et al.*, 2002; CASTILLA *et al.*, 1999; HUEY; STEVENSON, 1979; MAIA-CARNEIRO *et al.*, 2017). Além da termorregulação, os lagartos também podem ajustar sua fisiologia em relação às condições térmicas às quais estão submetidos, caso exista plasticidade fenotípica na população em questão (SEEBACHER, 2000; SEEBACHER, 2009; SEEBACHER; FRANKLIN, 2005; SEEBACHER; GRIGG, 2001). Assim, a exposição prolongada dos lagartos a altas temperaturas pode desencadear mudanças plásticas nas temperaturas corporais, como a T_{pref} (ANGILLETTA *et al.*, 2002; BROWN, 1996; KAUFMANN; BENNETT, 1989; KINGSOLVER; HUEY, 1998; MAIA-CARNEIRO; NAVAS, 2021; MURRISH; VANCE, 1968) e temperaturas críticas máximas e mínimas (BROWN, 1996; MURRISH; VANCE, 1968; WANG *et al.*, 2013), em resposta à exposição sofrida ao longo da vida dos indivíduos.

A plasticidade fenotípica ligada a fatores da fisiologia térmica é extremamente importante na sobrevivência dos organismos (CHEVIN *et al.*, 2013; LANDE, 2009; NICOTRA *et al.*, 2015). Tal plasticidade pode ser observada não apenas em decorrência das mudanças climáticas globais (PIANTONI *et al.*, 2016), mas também em relação às variações nas condições naturais, como em gradientes ambientais (KOHLSDORF, T.; NAVAS, C., 2006; NICOTRA *et al.*, 2010). A plasticidade age como um amortecedor fisiológico dos impactos causados pelas mudanças no clima (CHEVIN *et al.*, 2013; LANDE, 2009), e sua direção é regida pelas restrições ecológicas e evolutivas de cada grupo (VALLADARES *et al.*, 2014). Geralmente, a plasticidade térmica é uma resposta poligênica, responsável por acelerar respostas a uma forte pressão seletiva (LANDE; ARNOLD, 1983). Em termos fisiológicos, a plasticidade pode promover alterações fenotípicas epidérmicas e cuticulares que, no intervalo de múltiplas gerações, podem também acarretar na evolução de características térmicas distintas do fenótipo anterior,

em resposta ao ambiente térmico ao qual a população esteve exposta. (GOMULKIEWICZ *et al.*, 2010; KINGSOLVER; HUEY, 1998)

Mesmo que a plasticidade térmica possa minimizar os impactos das alterações climáticas, as informações sobre os efeitos das mudanças climáticas potencializadas pelas ações antrópicas sobre as populações em escala local ainda são escassas (BELL *et al.*, 2018; GRANT *et al.*, 2017; KIRCHMEIER-YOUNG; ZHANG, 2020). Essas alterações ambientais têm provocado a diminuição ou prolongamento das estações de seca e de chuva, diminuição da umidade relativa do ar, assim como também a intensificação dos efeitos de borda nos ambientes naturais (HOFMANN *et al.*, 2021; PFEIFER *et al.*, 2017). Além das mudanças climáticas globais, a perturbação em escala local dos habitats naturais, como as constantes aberturas de terras para cultivo, com conversões de paisagens naturais em plantações de monoculturas para fomento do crescimento do agronegócio (agricultura e pecuária) no Cerrado brasileiro (FRANÇOSO *et al.*, 2015; HOFMANN *et al.*, 2021; TRIGUEIRO *et al.*, 2020), promovem a alteração drástica das condições microclimáticas às quais as populações naturais estão submetidas. Avaliar os efeitos das variações climáticas locais nos organismos é de suma importância conservacionista, pois esta permite projeções futuras das probabilidades de extinção em relação aos habitats ocupados (DIELE-VIEGAS; ROCHA, 2018; NICOTRA *et al.*, 2015; PONTES-DA-SILVA *et al.*, 2018; SINERVO *et al.*, 2010).

A plasticidade térmica é umas das principais respostas às alterações ambientais locais, e compreender as respostas fisiológicas das populações é imperativo quanto se trata de conservação tanto dos organismos quanto do ambiente em que vivem (DIELE-VIEGAS; ROCHA, 2018; MAXWELL *et al.*, 2019). Em geral, o ajuste comportamental da temperatura corporal a mantém dentro de uma faixa térmica de atividade diária que otimiza as funções ecológicas do organismo (ANGILLETTA, J., M. J, 2009; DÍAZ *et al.*, 2006; HUEY, 1982; ORTEGA; PÉREZ-MELLADO, 2016). No entanto, temperaturas ambientais diárias muito próximas ou superiores aos limites térmicos desses organismos tendem a limitar sua capacidade de termorregulação, consequentemente limitando seu nicho térmico diário e comprometendo o tempo de forrageamento (ANGILLETTA, J., M. J, 2009; HUEY, 1982; KUBISCH *et al.*, 2015; SINERVO *et al.*, 2010; WALTHER *et al.*, 2002). Os lagartos são particularmente sensíveis a estas mudanças térmicas locais (BERRIOZABAL-ISLAS *et al.*, 2018; MEIRI *et al.*, 2013; SEARS *et al.*, 2016; SINERVO *et al.*, 2010; WHITFIELD *et al.*, 2007), e ajustes fisiológicos e comportamentais minimizam os impactos das oscilações térmicas sazonais (MAIA-

CARNEIRO; NAVAS, 2021). Porém, a curta frequência entre as oscilações térmicas diárias, influenciadas por atividades antrópicas como o aumento da urbanização (OKE, 1973), podem afetar os lagartos de maneiras diferentes daquelas normalmente observadas em situações naturais (CAMPBELL-STATION *et al.*, 2020; WINCHELL *et al.*, 2016). Tais oscilações podem, por exemplo, afetar os indivíduos durante seu desenvolvimento embrionário, como durante o desenvolvimento das gônadas (DE-LIMA *et al.*, 2022; HOLLELEY *et al.*, 2015), e a restrição de tempo de forrageamento pode limitar a alimentação desses organismos durante uma fase de alta demanda energética, afetando a sobrevivência dos indivíduos (HUEY *et al.*, 2010; KUBISCH *et al.*, 2015; ZANI; ROLLYSON, 2011).

A espécie de lagarto *Tropidurus torquatus* é heliotérmica, e usam a termorregulação comportamental para manter sua temperatura corporal dentro da sua faixa de temperatura ideal (KOHLSDORF, T.; NAVAS, C. A., 2006). A variação na temperatura de incubação influencia várias características corporais dos indivíduos logo após o nascimento, além de poder alterar a razão sexual de ovos incubados acima de 30 °C (DE-LIMA *et al.*, 2022). Ainda, neonatos em que os ovos foram incubados em temperatura mais altas, tiveram temperaturas críticas mínimas mais baixas em relação a neonatos que os ovos foram incubados em ninhos com temperaturas mais baixas. No entanto, a diferença na temperatura de incubação dos ninhos não interferiu na temperatura preferencial e crítica máxima dos neonatos (DE-LIMA *et al.*, 2022). Esta limitação da variação das temperaturas críticas máximas indica uma grande vulnerabilidade desses lagartos ao aumento da temperatura ambiental. Tais evidências indicam também que, caso os adultos não apresentem plasticidade para a temperatura crítica máxima, eles tenderão a ter seu nicho térmico restringido, diminuindo as horas de forrageamento e comprometendo a manutenção das populações a longo prazo (DU *et al.*, 2010). Finalmente, alterações morfológicas associadas ao crescimento, bem como diferenças na maturidade sexual, têm possivelmente influenciado no declínio de algumas populações da espécie (CAETANO; COLLI, 2021; PIANTONI *et al.*, 2019).

A plasticidade fenotípica, seja fisiológica, comportamental ou de desenvolvimento, acaba resultando na resiliência das populações às rápidas e constantes mudanças dos ambientes, principalmente relacionadas a temperatura (FRANÇOSO *et al.*, 2015; HOFMANN *et al.*, 2021; HUEY *et al.*, 2009; PFEIFER *et al.*, 2017; TRIGUEIRO *et al.*, 2020). Essa resiliência pode ser um amortecedor ao estresse térmico causado a essas populações, que são constantemente expostas a grandes variações e picos de temperaturas

altas, permitindo a persistência dessas populações nesses ambientes (HALL *et al.*, 2022). Essas oscilações térmicas são chamadas de “ilhas de calor”, causadas pelo aumento das áreas de superfície impermeável (COSTA; PIRES, 2010), ocorrentes principalmente em ambientes urbanos. Assim, lagartos que habitam ambientes urbanos geralmente suportam temperaturas ambientais mais altas e maior tolerância térmica (C_{tmax}) quando comparados com lagartos de ambientes florestais (CAMPBELL-STATON *et al.*, 2020).

Por ser uma espécie de hábito diurno e amplamente distribuída na América do Sul (RODRIGUES, M., 1987; VANZOLINI, 1972), indivíduos de *T. torquatus* são facilmente encontrados em áreas naturais de porte florestal e também em áreas alteradas e urbanas. Neste trabalho, objetivamos verificar as diferenças ecofisiológicas desses lagartos em ambiente natural (Mata de Galeria) e ambiente alterado (Perímetro Urbano), assim como verificar a existência de plasticidade fenotípica térmica (potencial de aclimação) das características ecofisiológicas dos lagartos a temperaturas mais quentes que as atualmente experimentadas em condições naturais. Para investigar tais questões, e considerando as diferenças do microclima nas matas de galeria e ambiente urbano (Figura 1), formulamos uma série de hipóteses acerca de ecofisiologia térmica e plasticidade fenotípica de *T. torquatus*, numeradas a seguir. Esperamos que 1) os lagartos coletados em área urbana apresentaram maior temperatura crítica máxima e maior temperatura ótima de desempenho locomotor em relação aos lagartos coletados em mata de galeria, devido a maior exposição a altas temperaturas e menor oscilação térmica que o ambiente urbano oferece (FROST *et al.*, 2001; KIEFER *et al.*, 2005; SENIOR *et al.*, 2019); 2) esperamos temperaturas preferenciais (T_{pref}) diferentes entre as populações, sendo essas maiores para os lagartos urbanos. Além disso, esperamos que 3) lagartos coletados em mata de galeria apresentarão maiores temperaturas da amplitude térmica corporal de desempenho locomotor a 80% (TB80), e maior amplitude térmica de atividade em relação aos lagartos coletados em área urbana, uma vez que o microclima da mata de galeria possui uma maior amplitude térmica em relação ao ambiente urbano (FROST *et al.*, 2001; KIEFER *et al.*, 2005).

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Área de estudo

Os lagartos foram coletados em uma área de mata de galeria localizada no Parque Municipal do Bacaba (MARIMON *et al.*, 2002), e no perímetro urbano do município de

Nova Xavantina, MT, Brasil. A mata de galeria é uma fitofisionomia do Cerrado de porte florestal, com árvores de aproximadamente 10 metros, formando um dossel contínuo e sempre associadas a um curso d'água (RIBEIRO; WALTER, 1998a). Neste ambiente, os lagartos costumam ser encontrados forrageando em árvores na borda da mata, ou perto de clareiras ou do curso d'água, ou seja, locais com maior incidência solar. Já o ambiente antropizado onde realizamos as coletas foi o perímetro urbano de Nova Xavantina, onde os lagartos são facilmente encontrados nos muros e calçadas da cidade.

3.2.2 *Demais métodos*

Os demais detalhes metodológicos de coleta dos dados ecofisiológicos, aclimação, e análises estatísticas estão descritos na seção Material e Métodos Geral (1.2).

3.3 Resultados

Através de um teste de razão de verossimilhança verificamos que nosso Modelo Aditivo Misto Generalizado (GAMM) completo diferiu significativamente de um modelo nulo e ajustou adequadamente os dados ($X^2 [1] = 12,616, p < 0,001, r^2 \text{ ajustado} = 0,80$). O modelo completo mostrou que apenas a temperatura e a massa corporal influenciaram significativamente o desempenho locomotor ($edf = 8.488, p < 2e-16$ e $edf = 1, p = 0.04$, respectivamente). A seleção de modelos mostrou que o melhor modelo é composto apenas pela temperatura corporal, mas como o modelo completo explicou 80% da variação dos nossos dados, optamos por mantê-lo para realizar as demais análises. Verificamos a existência de interações entre as variáveis que compõem o modelo, e não encontramos interação entre elas. E assim, utilizamos o modelo completo para verificar os parâmetros que descrevem a sensibilidade das curvas de desempenho locomotor (HUEY; STEVENSON, 1979).

Os resultados mostraram que não houve diferenças na T_o entre os lagartos da mata de galeria e do ambiente urbano (Figura 1), e o mesmo foi observado para CT_{max} ($t.s. = 2.393, p = 0.16$), mostrando que nossa primeira hipótese não foi corroborada. Nossos resultados também mostraram que os lagartos do ambiente urbano e da mata de galeria não possuem diferença na amplitude térmica do B80 (Figura 1).

Tabela 1: Modelo aditivo misto generalizado (GAMM) relacionando preditores do desempenho locomotor (velocidade de corrida) do lagarto *Tropidurus torquatus*. CRC: comprimento rostro-cloacal, edf: graus de liberdade esperados.

Termos paramétricos				
Termos	Estimativa	Std. Erro	<i>t</i>	<i>p</i>
(Intercept)	10.4061	0.7565	13.756	<2e-16
Ambiente (urbano)	-0.2519	0.6922	-0.364	0.717
Sexo (macho)	-0.0098	0.7365	-0.013	0.989
Aclimação (pré)	-0.7893	0.6586	-1.199	0.232
Termos suavizados				
Termos	edf	Ref. df	<i>f</i>	<i>p</i>
s (Temperatura)	8.466	8.467	90.777	<2e-16
s (CRC)	1.000	1.000	1.914	0.168
s (massa corporal)	1.000	1.000	3.459	0.064

Verificamos que os lagartos da mata de galeria possuem *T_{prefs}* significativamente maiores que os lagartos do ambiente urbano (*t.s.*= 252, *p* < 2.2e⁻¹⁶), refutando nossa segunda hipótese. Também vimos que a amplitude de atividade dos lagartos de ambos os ambientes é igual (*t.s.*= 0.354 *p* = 0.56), o que não corrobora nossa terceira hipótese. Nossos resultados mostraram que não houve diferença significativa da *C_{tmax}* após o período de aclimação (*t.s.*= 0.837 *p* = 0.45), e a *T_{B80}* aumentou apenas 0.1 °C após o período de aclimação. No entanto, essa diferença não foi significativa para a amplitude térmica do desempenho locomotor, também não corroborando nossa quarta hipótese.

3.4 Discussão

Nossos resultados mostraram não haver diferenças ecofisiológicas entre os indivíduos coletados na área antropizada (urbana) e na natural (mata de galeria) para a maioria dos parâmetros ecofisiológicos coletados, com exceção da temperatura preferencial (*T_{pref}*). Também não observamos diferenças significativas após o período do experimento de aclimação, sugerindo que as populações são pouco ou nada plásticas com relação às mudanças na temperatura local. Tais resultados são marcadamente contrastantes com o que observamos para a espécie congênica *Tropidurus itambere*,

que demonstrou plasticidade térmica em ao menos alguns dos parâmetros analisados (Cap. 2).

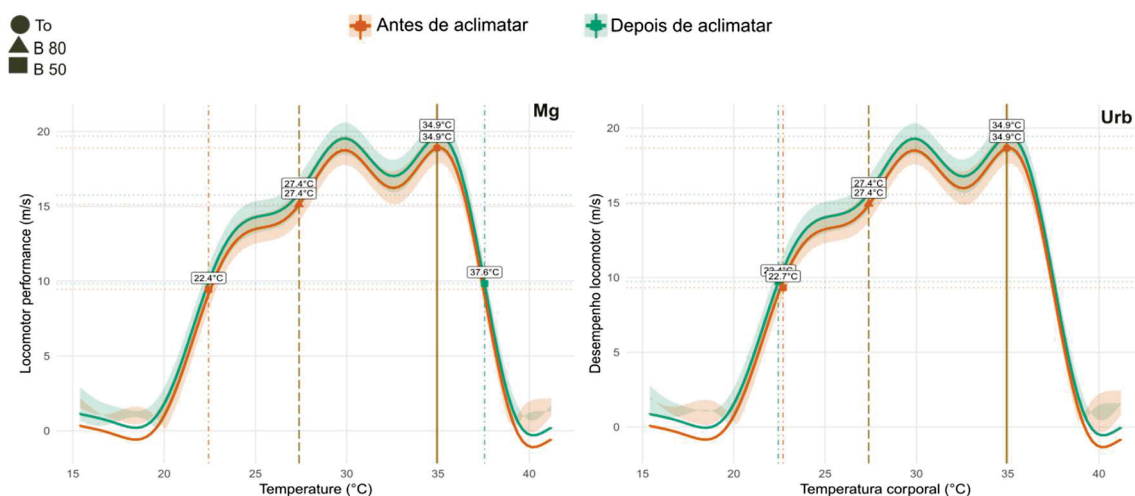


Figura 1: Curvas de desempenho locomotor; A: Curva de desempenho locomotor antes e após o período de aclimação dos lagartos; B: Curvas de desempenho locomotor dos lagartos de acordo com o ambiente de coleta, perímetro urbano e mata de galeria. As curvas indicam as medias de cada indivíduo, e as sombra indicam o desvio padrão.

Ademais, existem evidências de que a temperatura ambiental de áreas urbanas promove um grande impacto em organismos ectotérmicos, afetando o desempenho locomotor (ANGILLETTA *et al.*, 2007; BRANS *et al.*, 2017; DIAMOND *et al.*, 2017; DIAMOND *et al.*, 2018; GIBERT *et al.*, 2019; HAMBLIN *et al.*, 2018), desenvolvimento e reprodução (CHICK *et al.*, 2019; PIPOLY *et al.*, 2013; TIATRAGUL *et al.*, 2017), e a sobrevivência (BATTLES; KOLBE, 2019; HALL; WARNER, 2018; JOHNSON *et al.*, 2019; KAISER *et al.*, 2016).

Mesmo considerando que esses organismos não apresentaram grandes indícios de plasticidade térmica fisiológica, como vimos em nossos resultados, a termorregulação comportamental ainda permite que o indivíduo selecione microhabitats que lhe permitem manter sua temperatura corporal dentro de sua faixa de desempenho ideal, minimizando assim efeitos fisiológicos mais drásticos em relação à exposição térmica acima do ideal (BOGERT, 1949; CADBY *et al.*, 2014; GUNDERSON; STILLMAN, 2015; GVOŽDÍK, 2002; HUEY *et al.*, 2003; VAN DAMME *et al.*, 1989; ZUK *et al.*, 1990), de acordo com o que chamamos de Efeito Bogert, que é a capacidade de escolher microhabitats evitando temperaturas corporais prejudiciais (HUEY *et al.*, 2003).

A amplitude térmica de desempenho (TB80, TB50) influencia a aptidão dos organismos em novos ambientes ou em ambientes com flutuações térmicas (HUEY; STEVENSON, 1979; KINGSOLVER *et al.*, 2004). Tal expectativa é condizente com nossos resultados, que mostraram um pequeno aumento da TB80 e TB50 após a exposição experimental a temperaturas mais altas, porém os lagartos do ambiente urbano e da mata de galeria apresentaram a mesma velocidade de corrida antes do período de aclimação, mesmo com a grande diferença térmica local, e ainda assim, os lagartos apresentaram um pequeno aumento da velocidade de corrida após o período de aclimação.

Tais resultados podem estar relacionados com o fato de que espécies de ampla distribuição geográfica tendem a experimentar seleção para flexibilidade fenotípica em várias características (ARTACHO *et al.*, 2017; BONINO *et al.*, 2011; BONINO *et al.*, 2015). Assim, quando uma população se aproxima de um novo ótimo fenotípico, em paralelo com as condições ambientais experimentadas, a seleção direcional tende a aumentar a aptidão dos indivíduos com maior plasticidade (GHALAMBOR *et al.*, 2007). Nossos achados corroboram essa tendência, pois indicaram um pequeno aumento na velocidade de corrida dos lagartos na Pmax, B80 e B50 após o período de aclimação. De ponto de vista seletivo, as alterações comportamentais geralmente acompanham a aclimação em um genótipo adaptado às condições locais (LANDE; ARNOLD, 1983).

A biologia termal sugere que uma coadaptação térmica implica no alinhamento dos ótimos térmicos com as temperaturas preferenciais, fato já observado em lacertídeos (BAUWENS *et al.*, 1995) e crocodilos (GLANVILLE; SEEBACHER, 2006). Com a diminuição das oportunidades de termorregulação, principalmente em ambientes desfavoráveis, é possível que os animais alterem plasticamente suas temperaturas preferenciais para alinhá-las com as temperaturas disponíveis do ambiente (ANGILLET, J., M. J., 2009; HUEY; SLATKIN, 1976)

Vimos até aqui (neste e no primeiro capítulo desta tese) que o gênero *Tropidurus* não apresenta os mesmos padrões ecofisiológicos de plasticidade térmica, onde a espécie *T. itambere* apresentou maior plasticidade de aclimação para as temperaturas de desempenho locomotor, porém apesar do aumento das temperaturas, apresentaram uma maior redução da velocidade de corrida, resultando em lagartos com maiores temperaturas corporais e mais lentos. No entanto esse padrão não foi encontrado para *T. toquatus* que não apresentou aclimação para temperaturas de desempenho locomotor, e a apresentaram uma redução menor da velocidade de corrida. Diante do cenário atual, tais

padrões são preocupantes para a conservação destes lagartos no Cerrado (BOGERT, 1949; CAMPBELL-STATON *et al.*, 2020; CANALE; HENRY, 2010; PALUMBI *et al.*, 2014).

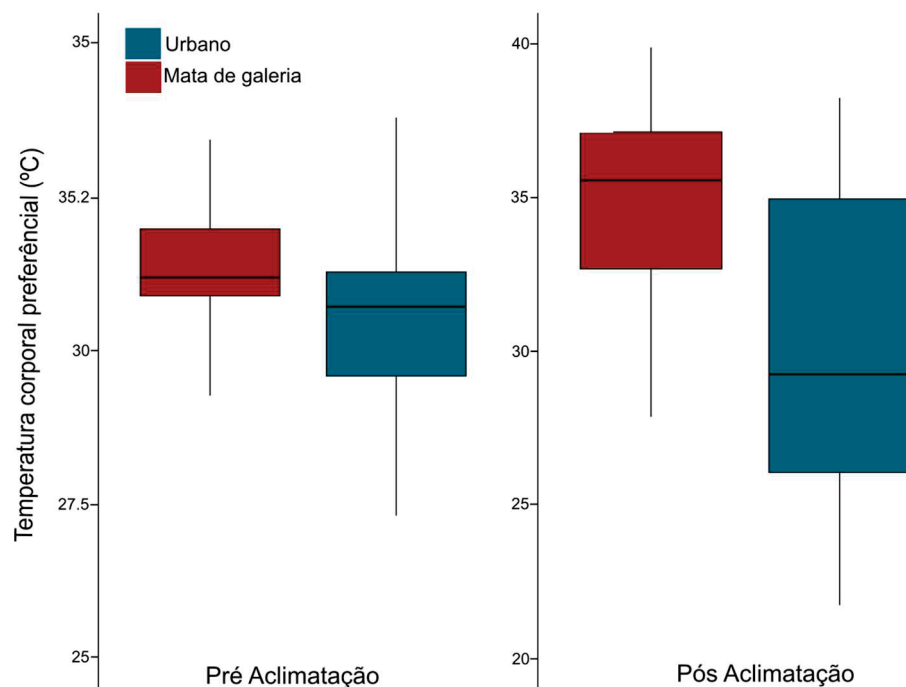


Figura 2: Diferenças da T_{pref} do lagarto *Tropidurus torquatus* antes e após o período de aclimação e entre as áreas de Mata de Galeria e ambiente urbano, município de Nova Xavantina – MT.

3.4 Conclusão

Nossos resultados mostraram que em parâmetros da fisiologia térmica, os padrões encontrados não sugerem aclimação de lagartos da espécie *T. torquatus* em futuros cenários de mudanças climáticas. Ao contrário das nossas expectativas, os lagartos de um ambiente urbano e de uma mata de galeria não apresentaram diferenças ecofisiológicas com relação aos parâmetros de descrição das curvas de desempenho locomotor (T_o , D_{max} , TB_{80} , B_{80}) e para as temperaturas críticas (CT_{max} e CT_{min}), variando apenas com relação ao T_{pref} . Tal tendência é uma evidência contundente da baixa plasticidade térmica da espécie. Conjuntamente, nossos resultados indicam que os lagartos do ambiente urbano e da mata de galeria possuem pouca plasticidade térmica, que pode não ser suficiente para suportar as mudanças ocorrentes na temperatura ambiental.

3.5 Referências Bibliográficas

ANGILLETTA, J., M. J. **Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis**. Oxford: Oxford University Press, 2009. 1-302 p.

ANGILLETTA, J., Michael J. Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis. **Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis**, p. 1-302, 01/01 2009.

ANGILLETTA, J., Michael; NIEWIAROWSKI, P. H.; NAVAS, C. A. The evolution of thermal physiology in ectotherms. **Journal of Thermal Biology**, 27, n. 4, p. 249-268, 2002/08/01/ 2002.

ANGILLETTA, M. J., Jr.; WILSON, R. S.; NIEHAUS, A. C.; SEARS, M. W. *et al.* Urban physiology: city ants possess high heat tolerance. **PLOS ONE**, 2, n. 2, p. e258, 2007.

ARTACHO, P.; SARAIVA, J.; PERRET, S.; BARTHELD, J. L. *et al.* Geographic variation and acclimation effects on thermoregulation behavior in the widespread lizard *Liolaemus pictus*. **J Therm Biol**, 63, p. 78-87, Jan 2017.

BATTLES, A. C.; KOLBE, J. J. Miami heat: Urban heat islands influence the thermal suitability of habitats for ectotherms. **Global Change Biology**, 25, n. 2, p. 562-576, 2019/02/01 2019. <https://doi.org/10.1111/gcb.14509>.

BAUWENS, D.; GARLAND, T., Jr.; CASTILLA, A. M.; VAN DAMME, R. Evolution of sprint speed in lacertid lizards: Morphological, physiological, and behavioral covariation. **Evolution**, 49, n. 5, p. 848-863, Oct 1995.

BELL, J. E.; BROWN, C. L.; CONLON, K.; HERRING, S. *et al.* Changes in extreme events and the potential impacts on human health. **J Air Waste Manag Assoc**, 68, n. 4, p. 265-287, Apr 2018.

BERRIOZABAL-ISLAS, C.; RODRIGUES, J. F., Mota; RAMÍREZ-BAUTISTA, A.; BECERRA-LÓPEZ, J. *et al.* Effect of climate change in lizards of the genus *Xenosaurus* (Xenosauridae) based on projected changes in climatic suitability and climatic niche conservatism. **Ecologia e Evolução**, 8, p. 1-12, 2018.

BOGERT, C. M. Thermoregulation in reptiles, a factor in evolution. **Evolution**, 3, n. 3, p. 195-211, 1949/09/01 1949. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1949.tb00021.x>.

BONINO, M. F.; AZÓCAR, D. L.; TULLI, M. J.; ABDALA, C. S. *et al.* Running in cold weather: morphology, thermal biology, and performance in the southernmost lizard clade in the world (*Liolaemus lineomaculatus* section: *Liolaemini*: Iguania). **J Exp Zool A Ecol Genet Physiol**, 315, n. 8, p. 495-503, Oct 1 2011.

BONINO, M. F.; MORENO AZÓCAR, D. L.; SCHULTE, J. A.; ABDALA, C. S. *et al.* Thermal sensitivity of cold climate lizards and the importance of distributional ranges. **Zoology**, 118, n. 4, p. 281-290, 2015/08/01/ 2015.

BRANS, K. I.; JANSEN, M.; VANOVERBEKE, J.; TÜZÜN, N. *et al.* The heat is on: Genetic adaptation to urbanization mediated by thermal tolerance and body size. **Glob Chang Biol**, 23, n. 12, p. 5218-5227, Dec 2017.

BROWN, R. P. Thermal biology of the gecko *Tarentola boettgeri*: comparisons among populations from different elevations within Gran Canaria. **Herpetologica**, 52, n. 3, p. 396-405, 1996.

CADBY, C. D.; JONES, S. M.; WAPSTRA, E. Geographical differences in maternal basking behaviour and offspring growth rate in a climatically widespread viviparous reptile. **J Exp Biol**, 217, n. Pt 7, p. 1175-1179, Apr 1 2014.

CAETANO, G. H. D. O.; COLLI, G. R. Climate instability causing the decline of a Neotropical savanna lizard population (Squamata: Tropicuridae). **Biological Journal of the Linnean Society**, 134, n. 2, p. 474-485, 2021.

CAMPBELL-STATON, S. C.; WINCHELL, K. M.; ROCHETTE, N. C.; FREDETTE, J. *et al.* Parallel selection on thermal physiology facilitates repeated adaptation of city lizards to urban heat islands. **Nature Ecology & Evolution**, 4, n. 4, p. 652-658, 2020/04/01 2020.

CANALE, C.; HENRY, P.-Y. Adaptive phenotypic plasticity and resilience of vertebrates to increasing climatic unpredictability. **Climate Research**, 43, p. 135-147, 08/05 2010.

CASTILLA, A. M.; VAN DAMME, R.; BAUWENS, D. Field body temperatures, mechanisms of thermoregulation and evolution of thermal characteristics in lacertid lizards. **Natura Croatica**, 8, p. 253-274, 09/30 1999.

CHEVIN, L.-M.; COLLINS, S.; LEFÈVRE, F. Phenotypic plasticity and evolutionary demographic responses to climate change: taking theory out to the field. **Functional Ecology**, 27, n. 4, p. 967-979, 2013/08/01 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2012.02043.x>.

CHICK, L. D.; STRICKLER, S. A.; PEREZ, A.; MARTIN, R. A. *et al.* Urban heat islands advance the timing of reproduction in a social insect. **Journal of Thermal Biology**, 80, p. 119-125, 2019/02/01/ 2019.

CLUSELLA-TRULLAS, S.; CHOWN, S. L. Lizard thermal trait variation at multiple scales: a review. **J Comp Physiol B**, 184, n. 1, p. 5-21, Jan 2014.

COSTA, M. H.; PIRES, G. F. Effects of Amazon and Central Brazil deforestation scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation. **International Journal of Climatology**, 30, n. 13, p. 1970-1979, 2010/11/15 2010. <https://doi.org/10.1002/joc.2048>.

DE-LIMA, A. K. S.; DE OLIVEIRA, C. H.; PIC-TAYLOR, A.; KLACZKO, J. Effects of incubation temperature on development, morphology, and thermal physiology of the emerging Neotropical lizard model organism *Tropidurus torquatus*. **Scientific Reports**, 12, n. 1, p. 17153, 2022/10/13 2022.

DIAMOND, S. E.; CHICK, L.; PEREZ, A.; STRICKLER, S. A. *et al.* Rapid evolution of ant thermal tolerance across an urban-rural temperature cline. **Biological Journal of the Linnean Society**, 121, n. 2, p. 248-257, 2017.

DIAMOND, S. E.; CHICK, L. D.; PEREZ, A.; STRICKLER, S. A. *et al.* Evolution of thermal tolerance and its fitness consequences: parallel and non-parallel responses to urban heat islands across three cities. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 285, n. 1882, p. 20180036, 2018/07/04 2018.

DÍAZ, J. A. Ecological correlates of the thermal quality of an ectotherm's habitat: a comparison between two temperate lizard populations. **Functional Ecology**, 11, n. 1, p. 79-89, 1997/02/01 1997. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1997.00058.x>.

DÍAZ, J. A.; IRAETA, P.; MONASTERIO, C. Seasonality provokes a shift of thermal preferences in a temperate lizard, but altitude does not. **Journal of Thermal Biology**, 31, n. 3, p. 237-242, 2006/04/01/ 2006.

DIELE-VIEGAS, L.; ROCHA, C. Unraveling the influences of climate change in Lepidosauria (Reptilia). **Journal of Thermal Biology**, 78, p. 401-414, 2018.

DIFFENBAUGH, N. S.; FIELD, C. B. Changes in ecologically critical terrestrial climate conditions. **Science**, 341, n. 6145, p. 486-492, 2013/08/02 2013.

DU, W.-G.; ELPHICK, M.; SHINE, R. Thermal regimes during incubation do not affect mean selected temperatures of hatchling lizards (*Bassiana duperreyi*, Scincidae). **Journal of Thermal Biology**, 35, n. 1, p. 47-51, 2010/01/01/ 2010.

FRANÇOSO, R. D.; BRANDÃO, R.; NOGUEIRA, C. C.; SALMONA, Y. B. *et al.* Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. **Natureza & Conservação**, 13, n. 1, p. 35-40, 2015/01/01/ 2015.

FRIENDLY, M.; SIGAL, M. Visualizing tests for equality of covariance matrices. **The American Statistician**, 74, n. 2, p. 144-155, 2020/04/02 2018.

FROST, D. R.; RODRIGUES, M. T.; GRANT, T.; TITUS, T. A. Phylogenetics of the lizard genus *Tropidurus* (Squamata: Tropiduridae: Tropidurinae): direct optimization, descriptive efficiency, and sensitivity analysis of congruence between molecular data and morphology. **Mol Phylogenet Evol**, 21, n. 3, p. 352-371, Dec 2001.

GASTWIRTH, J. L.; GEL, Y. R.; HUI, W. L. W.; LYUBCHICH, V. *et al.* Package 'lawstat'. **CRAN: Tools for Biostatistics, Public Policy, and Law**, 2017.

GHALAMBOR, C. K.; MCKAY, J. K.; CARROLL, S. P.; REZNICK, D. N. Adaptive versus non-adaptive phenotypic plasticity and the potential for contemporary adaptation in new environments. **Functional Ecology**, 21, n. 3, p. 394-407, 2007/06/01 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01283.x>.

GIBERT, P.; DEBAT, V.; GHALAMBOR, C. K. Phenotypic plasticity, global change, and the speed of adaptive evolution. **Current Opinion in Insect Science**, 35, p. 34-40, 2019/10/01/ 2019.

GILBERT, A. L.; LATTANZIO, M. S. Ontogenetic variation in the thermal biology of yarrow's spiny lizard, *Sceloporus jarrovi*. **PLOS ONE**, 11, n. 2, p. e0146904, 2016.

GILBERT, A. L.; MILES, D. B. Natural selection on thermal preference, critical thermal maxima and locomotor performance. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 284, n. 1860, p. 20170536, 2017/08/16 2017.

GLANVILLE, E. J.; SEEBACHER, F. Compensation for environmental change by complementary shifts of thermal sensitivity and thermoregulatory behaviour in an ectotherm. **Journal of Experimental Biology**, 209, n. 24, p. 4869-4877, 2006.

GOMULKIEWICZ, R.; HOLT, R. D.; BARFIELD, M.; NUISMER, S. L. Genetics, adaptation, and invasion in harsh environments. **Evolutionary Applications**, 3, n. 2, p. 97-108, Mar 2010.

GRANT, P. R.; GRANT, B. R.; HUEY, R. B.; JOHNSON, M. T. J. *et al.* Evolution caused by extreme events. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, 372, n. 1723, p. 20160146, 2017/06/19 2017.

GUNDERSON, A. R.; STILLMAN, J. H. Plasticity in thermal tolerance has limited potential to buffer ectotherms from global warming. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 282, n. 1808, p. 20150401, 2015/06/07 2015.

GVOŽDÍK, L. To heat or to save time? Thermoregulation in the lizard *Zootoca vivipara* (Squamata: Lacertidae) in different thermal environments along an altitudinal gradient. **Canadian Journal of Zoology**, 80, n. 3, p. 479-492, 2002/03/01 2002.

HALL, J. M.; MIRACLE, J.; SCRUGGS, C. D.; WARNER, D. A. Natural nest substrates influence squamate embryo physiology but have little effect on hatchling phenotypes. **Integr Zool**, 17, n. 4, p. 550-566, Jul 2022.

HALL, J. M.; WARNER, D. A. Thermal spikes from the urban heat island increase mortality and alter physiology of lizard embryos. **Journal of Experimental Biology**, 221, n. 14, p. jeb181552, 2018.

HAMBLIN, A. L.; YOUNGSTEADT, E.; FRANK, S. D. Wild bee abundance declines with urban warming, regardless of floral density. **Urban Ecosystems**, 21, n. 3, p. 419-428, 2018/06/01 2018.

HOEGH-GULDBERG, O.; D. JACOB; M. TAYLOR; M. BINDI *et al.* **Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems**. Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, NY, USA., p. 175-312. 2018.

HOFMANN, G. S.; CARDOSO, M. F.; ALVES, R. J. V.; WEBER, E. J. *et al.* The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier. **Global Change Biology**, 27, n. 17, p. 4060-4073, 2021/09/01 2021. <https://doi.org/10.1111/gcb.15712>.

HOLLELEY, C. E.; O'MEALLY, D.; SARRE, S. D.; MARSHALL GRAVES, J. A. *et al.* Sex reversal triggers the rapid transition from genetic to temperature-dependent sex. **Nature**, 523, n. 7558, p. 79-82, 2015/07/01 2015.

HUEY, R. B., 1982, **Temperature , Physiology , and the Ecology of Reptiles**.

HUEY, R. B.; BENNETT, A. F. Phylogenetic studies of coadaptation: preferred temperatures versus optimal performance temperatures of lizards. **Evolution**, 41, n. 5, p. 1098-1115, Sep 1987.

HUEY, R. B.; DEUTSCH, C. A.; TEWKSBURY, J. J.; VITT, L. J. *et al.* Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, p. 1939-1948, 2009. 10.1098/rspb.2008.1957.

HUEY, R. B.; HERTZ, P. E.; SINERVO, B. Behavioral drive versus behavioral inertia in evolution: a null model approach. **The American Naturalist**, 161, n. 3, p. 357-366, Mar 2003.

HUEY, R. B.; KINGSOLVER, J. G. Evolution of thermal sensitivity of ectotherm performance. **Trends Ecol Evol**, 4, n. 5, p. 131-135, May 1989.

HUEY, R. B.; LOSOS, J. B.; MORITZ, C. Are lizards toast? **Science**, 328, n. 5980, p. 832-833, 2010/05/14 2010.

HUEY, R. B.; SLATKIN, M. Cost and benefits of lizard thermoregulation. **Q Rev Biol**, 51, n. 3, p. 363-384, Sep 1976.

HUEY, R. B.; STEVENSON, R. D. Integrating thermal physiology and ecology of ectotherms: A discussion of approaches. **American Zoologist**, 19, n. 1, p. 357-366, 1979.

IPCC. **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. IPCC. Geneva, Switzerland. 2014.

JOHNSON, J. C.; URCUYO, J.; MOEN, C.; STEVENS, D. R., II. Urban heat island conditions experienced by the Western black widow spider (*Latrodectus hesperus*): Extreme heat slows development but results in behavioral accommodations. **PLOS ONE**, 14, n. 9, p. e0220153, 2019.

KAISER, A.; MERCKX, T.; VAN DYCK, H. The Urban Heat Island and its spatial scale dependent impact on survival and development in butterflies of different thermal sensitivity. **Ecol Evol**, 6, n. 12, p. 4129-4140, Jun 2016.

KAUFMANN, J. S.; BENNETT, A. F. The effect of temperature and thermal acclimation on locomotor performance in *Xantusia vigilis*, the desert night lizard. **Physiological Zoology**, 62, n. 5, p. 1047-1058, 1989.

KEARNEY, M.; SHINE, R.; PORTER, W. P. The potential for behavioral thermoregulation to buffer “cold-blooded” animals against climate warming. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 106, n. 10, p. 3835-3840, 2009/03/10 2009.

KIEFER, M.; VAN SLUYS, M.; ROCHA, C. Body temperatures of *Tropidurus torquatus* (Squamata, Tropiduridae) from coastal populations: do body temperatures vary along their geographic range? **Journal of Thermal Biology** 30, p. 449-456, 2005.

KINGSOLVER, J. G.; HUEY, R. B. Evolutionary analyses of morphological and physiological plasticity in thermally variable environments. **Integrative and Comparative Biology**, 38, p. 545-560, 1998.

KINGSOLVER, J. G.; IZEM, R.; RAGLAND, G. J. Plasticity of size and growth in fluctuating thermal environments: comparing reaction norms and performance curves. **Integr Comp Biol**, 44, n. 6, p. 450-460, Dec 2004.

KIRCHHOF, S.; HETEM, R. S.; LEASE, H. M.; MILES, D. B. *et al.* Thermoregulatory behavior and high thermal preference buffer impact of climate change in a Namib Desert lizard. **Ecosphere**, 8, n. 12, p. e02033, 2017/12/01 2017. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2033>.

KIRCHMEIER-YOUNG, M. C.; ZHANG, X. Human influence has intensified extreme precipitation in North America. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 117, n. 24, p. 13308-13313, 2020/06/16 2020.

KOHLSDORF, T.; NAVAS, C. Ecological constraints on the association between field and preferred temperatures in Tropidurinae lizards. **Evolutionary Ecology**, 20, p. 549-564, 01/11 2006.

KOHLSDORF, T.; NAVAS, C. A. Ecological constraints on the evolutionary association between field and preferred temperatures in Tropidurinae lizards. **Evolutionary Ecology**, 20, n. 6, p. 549-564, 2006/11/01 2006.

KOHLSDORF, T.; PAI-SILVA, M. D.; NAVAS, C. A.; JAMES, R. S. *et al.* Locomotor performance of closely related Tropidurus species: relationships with physiological parameters and ecological divergence. **Journal of Experimental Biology**, 207, n. 7, p. 1183-1192, 2004.

KUBISCH, E. L.; CORBALÁN, V.; IBARGÜENGOYTÍA, N. R.; SINERVO, B. Local extinction risk of three species of lizard from Patagonia as a result of global warming. **Canadian Journal of Zoology**, 94, n. 1, p. 49-59, 2016/01/01 2015.

LANDE, R. Adaptation to an extraordinary environment by evolution of phenotypic plasticity and genetic assimilation. **Journal of Evolutionary Biology**, 22, n. 7, p. 1435-1446, Jul 2009.

LANDE, R.; ARNOLD, S. J. The measurement of selection on correlated characters. **Evolution**, 37, n. 6, p. 1210-1226, 1983.

LEVENE, H. Robust Tests for Equality of Variances. *In*: OLKIN, I. (Ed.). **Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling**. Palo Alto: Stanford University Press, 1960. p. 278-292.

MAIA-CARNEIRO, T.; DORIGO, T.; ROCHA, C. Seasonal influences of wind intensity on activity rates and thermoregulation of differently sized individuals of *Liolaemus lutzae* (Squamata: Liolaemidae). **Salamandra**, 53, p. 469-472, 01/01 2017.

MAIA-CARNEIRO, T.; NAVAS, C. A. Ecological constraints to match field and preferred temperatures in lizards *Tropidurus catalanensis* (Squamata; Tropiduridae). **Journal of Thermal Biology**, 98, p. 102903, 2021/05/01/ 2021.

MARIMON, B.; M. FELFILI, J.; LIMA, E. Floristics and phytosociology of the gallery forest of the Bacaba stream, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, 59, p. 303-318, 2002.

MAXWELL, S. L.; BUTT, N.; MARON, M.; MCALPINE, C. A. *et al.* Conservation implications of ecological responses to extreme weather and climate events. **Diversity and Distributions**, 25, n. 4, p. 613-625, 2019/04/01 2019. <https://doi.org/10.1111/ddi.12878>.

MEIRI, S.; BAUER, A. M.; CHIRIO, L.; COLLI, G. R. *et al.* Are lizards feeling the heat? A tale of ecology and evolution under two temperatures. **Global Ecology and Biogeography**, 22, n. 7, p. 834-845, 2013/07/01 2013. <https://doi.org/10.1111/geb.12053>.

MURRISH, D. E.; VANCE, V. J. Physiological responses to temperature acclimation in the lizard *Uta mearnsi*. **Comparative Biochemistry and Physiology**, 27, n. 1, p. 329-337, 1968/10/01/ 1968.

NICOTRA, A. B.; ATKIN, O. K.; BONSER, S. P.; DAVIDSON, A. M. *et al.* Plant phenotypic plasticity in a changing climate. **Trends Plant Sci**, 15, n. 12, p. 684-692, Dec 2010.

NICOTRA, A. B.; SEGAL, D. L.; HOYLE, G. L.; SCHREY, A. W. *et al.* Adaptive plasticity and epigenetic variation in response to warming in an alpine plant. **Ecology and Evolution**, 5, n. 3, p. 634-647, Feb 2015.

NOGUEIRA, C.; RIBEIRO, S.; COSTA, G. C.; COLLI, G. R. Vicariance and endemism in a Neotropical savanna hotspot: distribution patterns of Cerrado squamate reptiles. **Journal of Biogeography**, 38, n. 10, p. 1907-1922, 2011/10/01 2011.

OKE, T. R. City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment (1967)**, 7, n. 8, p. 769-779, 1973/08/01/ 1973.

OMETTO, J. P.; K. KALABA; G.Z. ANSHARI; N. CHACÓN *et al.* **CrossChapter Paper 7: Tropical Forests**. Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, NY, USA, p. 2369–2410. 2022.

ORTEGA, Z.; PÉREZ-MELLADO, V. Seasonal patterns of body temperature and microhabitat selection in a lacertid lizard. **Acta Oecologica**, 77, p. 201-206, 2016/11/01/ 2016.

PALUMBI, S. R.; BARSHIS, D. J.; TRAYLOR-KNOWLES, N.; BAY, R. A. Mechanisms of reef coral resistance to future climate change. **Science**, 344, n. 6186, p. 895-898, May 23 2014.

PFEIFER, M.; LEFEBVRE, V.; PERES, C. A.; BANKS-LEITE, C. *et al.* Creation of forest edges has a global impact on forest vertebrates. **Nature**, 551, n. 7679, p. 187-191, 2017/11/01 2017.

PIANTONI, C.; NAVAS, C. A.; IBARGÜENGOYTÍA, N. R. Vulnerability to climate warming of four genera of New World iguanians based on their thermal ecology. **Animal Conservation**, 19, n. 4, p. 391-400, 2016/08/01 2016.

PIANTONI, C.; NAVAS, C. A.; IBARGÜENGOYTÍA, N. R. A real tale of Godzilla: impact of climate warming on the growth of a lizard. **Biological Journal of the Linnean Society**, 126, n. 4, p. 768-782, 2019.

PIPOLY, I.; BÓKONY, V.; SERESS, G.; SZABÓ, K. *et al.* Effects of extreme weather on reproductive success in a temperate-breeding songbird. **PLOS ONE**, 8, n. 11, p. e80033, 2013.

PONTES-DA-SILVA, E.; MAGNUSSON, W. E.; SINERVO, B.; CAETANO, G. H. *et al.* Extinction risks forced by climatic change and intraspecific variation in the thermal physiology of a tropical lizard. **Journal of Thermal Biology**, 73, p. 50-60, 2018/04/01/ 2018.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. *In: Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1998. p. 98-168.

ROCHA, C. F. D.; VAN SLUYS, M.; VRCIBRADIC, D.; KIEFER, M. C. *et al.* Comportamiento de termorregulación en lagartos brasileiros thermoregulatory behavior in brazilian lizards. **Fundación Dialnet**, 13, n. 1981-9366, p. 115-131, 2009.

RODRIGUES, M. Sistemática, ecologia e zoogeografia dos *Tropidurus* do grupo *torquatus* ao sul do Rio Amazonas (Sauria, Iguanidae). **Arquivos de Zoologia, São Paulo**, 31, p. 105-230, 1987.

SAGONAS, K.; MEIRI, S.; VALAKOS, E. D.; PAFILIS, P. The effect of body size on the thermoregulation of lizards on hot, dry Mediterranean islands. **Journal of Thermal Biology**, 38, n. 2, p. 92-97, 2013/02/01/ 2013.

SEARS, M. W.; ANGILLETTA, M. J.; SCHULER, M. S.; BORCHERT, J. *et al.* Configuration of the thermal landscape determines thermoregulatory performance of ectotherms. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 113, n. 38, p. 10595-10600, 2016/09/20 2016.

SEEBACHER, F. Heat transfer in a microvascular network: The effect of heart rate on heating and cooling in reptiles (*Pogona barbata* and *Varanus varius*). **J Theor Biol**, 203, n. 2, p. 97-109, Mar 21 2000.

SEEBACHER, F. Responses to temperature variation: integration of thermoregulation and metabolism in vertebrates. **Journal of Experimental Biology**, 212, n. 18, p. 2885-2891, 2009.

SEEBACHER, F.; FRANKLIN, C. E. Physiological mechanisms of thermoregulation in reptiles: a review. **J Comp Physiol B**, 175, n. 8, p. 533-541, Nov 2005.

SEEBACHER, F.; GRIGG, G. C. Changes in heart rate are important for thermoregulation in the varanid lizard *Varanus varius*. **Journal Comparative Physiology B**, 171, n. 5, p. 395-400, Jun 2001.

SENIOR, A. F.; ATKINS, Z. S.; CLEMAN, N.; GARDNER, M. G. *et al.* Variation in thermal biology of three closely related lizard species along an elevation gradient. **Biological Journal of the Linnean Society**, 127, n. 2, p. 278-291, 2019.

SINERVO, B.; MÉNDEZ-DE-LA-CRUZ, F.; MILES, D. B.; HEULIN, B. *et al.* Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. **Science**, 328, n. 5980, p. 894 - 899, 2010. 10.1126/science.1184695.

SUNDAY, J. M.; BATES, A. E.; KEARNEY, M. R.; COLWELL, R. K. *et al.* Thermal-safety margins and the necessity of thermoregulatory behavior across latitude and elevation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 111, n. 15, p. 5610-5615, 2014/04/15 2014.

TEAM, R. C. **R: A Language and Environment of Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing: 2019.

TERBLANCHE, J. S.; DEERE, J. A.; CLUSELLA-TRULLAS, S.; JANION, C. *et al.* Critical thermal limits depend on methodological context. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 274, n. 1628, p. 2935-2943, 2007/12/07 2007.

TIATRAGUL, S.; KURNIAWAN, A.; KOLBE, J. J.; WARNER, D. A. Embryos of non-native anoles are robust to urban thermal environments. **J Therm Biol**, 65, p. 119-124, Apr 2017.

TRIGUEIRO, W. R.; NABOUT, J. C.; TESSAROLO, G. Uncovering the spatial variability of recent deforestation drivers in the Brazilian Cerrado. **J Environ Manage**, 275, p. 111243, Dec 1 2020.

VALLADARES, F.; MATESANZ, S.; GUILHAUMON, F.; ARAÚJO, M. B. *et al.* The effects of phenotypic plasticity and local adaptation on forecasts of species range shifts under climate change. **Ecology Letters**, 17, n. 11, p. 1351-1364, 2014/11/01 2014.

VAN DAMME, R.; BAUWENS, D.; CASTILLA, A. M.; VERHEYEN, R. F. Altitudinal variation of the thermal biology and running performance in the lizard *Podarcis tiliguerta*. **Oecologia**, 80, n. 4, p. 516-524, 1989/09/01 1989.

VAN DAMME, R.; BAUWENS, D.; VERHEYEN, R. F. Thermoregulatory responses to environmental seasonality by the lizard *Lacerta vivipara*. **Herpetologica**, 43, n. 4, p. 405-415, 1987.

VAN DEN BERG, F. T.; THOMPSON, M. B.; HOCHULI, D. F. When hot rocks get hotter: behavior and acclimatization mitigate exposure to extreme temperatures in a spider. **Ecosphere**, 6, n. 5, p. art88, 2015/05/01 2015. <https://doi.org/10.1890/ES14-00436.1>.

VANZOLINI, P. Miscellaneous notes on the ecology of some Brazilian lizards (Sauria). **Papéis Avulsos de Zoologia**, 26, n. 8, p. 83-115, 1972.

WALTHER, G.-R.; POST, E.; CONVEY, P.; MENZEL, A. *et al.* Ecological responses to recent climate change. **Nature**, 416, p. 389 - 395, 03/28/online 2002. Review Article.

WANG, Z.; LU, H.; MA, L.; JI, X. Differences in thermal preference and tolerance among three *Phrynocephalus* lizards (Agamidae) with different body sizes and habitat use. **Asian Herpetological Research**, 4, p. 214-220, 12/19 2013.

WHITFIELD, S. M.; BELL, K. E.; PHILIPPI, T.; SASA, M. *et al.* Amphibian and reptile declines over 35 years at La Selva, Costa Rica. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 104, n. 20, p. 8352-8356, 2007/05/15 2007.

WINCHELL, K. M.; REYNOLDS, R. G.; PRADO-IRWIN, S. R.; PUENTE-ROLÓN, A. R. *et al.* Phenotypic shifts in urban areas in the tropical lizard *Anolis cristatellus*. **Evolution**, 70, n. 5, p. 1009-1022, 2016/05/01 2016. <https://doi.org/10.1111/evo.12925>.

WOOD, S. N. **Generalized Additive Models: An Intruduction with R**. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017.

ZANI, P. A.; ROLLYSON, M. E. The effects of climate modes on Growing-Season length and timing of reproduction in the pacific northwest as revealed by biophysical modeling of lizards. **The American Midland Naturalist**, 165, n. 2, p. 372-388, 4/1 2011.

ZUK, M.; JOHNSON, K.; THORNHILL, R.; LIGON, J. D. Mechanisms of female choice in red jungle fowl. **Evolution**, 44, n. 3, p. 477-485, 1990.

4 Capítulo 3

Variação ecofisiológica e enzimática de uma espécie de lagarto endêmico do Cerrado no extremo austral de sua distribuição: plasticidade e estresse térmico a altas temperaturas

Autoria: Naiane Arantes Silva, Viviane Prodocimo, Hellen dos Santos, Júnior Nadaline, Natalie Motelewski Trippia, Matheus Maciel Alcantara Salles, Michael Alexandre Barbosa da Rosa, Guarino Rinaldi Colli, Fabricius Maia Chaves Bicalho Domingos

Resumo

A plasticidade fenotípica tem um importante papel no amortecimento dos possíveis impactos causados pelas variações nas condições ambientais nos animais. Alguns parâmetros ecofisiológicos (temperaturas preferenciais e amplitudes térmicas) sofrem alterações durante a ontogenia, através de modificações intracelulares diversas para acompanhar as mudanças térmicas sazonais. Alterações ambientais também interferem nas taxas de glicose e lipídios no corpo dos ectotérmicos. Aqui, buscamos investigar a capacidade de aclimação de lagartos a temperaturas mais elevadas. Para investigar a capacidade de aclimação, utilizamos duas populações da espécie *Tropidurus itambere*, com condições climáticas distintas no estado do Paraná. Pensando nas possíveis diferenças ecofisiológicas de duas populações de lagartos, esperamos 1) observar maiores temperaturas preferenciais (T_{pref}) e maior amplitude térmica de atividade para PeG; 2) esperamos que PeG apresente maiores níveis de glicose em relação a PeC; 3) redução das T_{prefs} e da amplitude térmica de atividade após o período de aclimação para ambas as populações; 4) encontrar maiores níveis de glicose no sangue após o período de aclimação. Nossos resultados mostraram que a T_{pref} diferiu significativamente entre as populações, onde PeG apresentou maior faixa de T_{pref} em temperaturas mais frias. As populações não apresentaram diferenças com relação a amplitude térmica de atividade, nem com os níveis de glicose. Após o período de aclimação, notamos que ambas as populações ajustaram significativamente as T_{prefs} , onde PeC aumentou a amplitude da T_{pref} , mas preferiu temperaturas um pouco mais frias, enquanto PeG reduziu a faixa de T_{pref} e preferiu temperaturas mais quentes. A variação da T_{pref} , sugere evolução do comportamento termorregulador, onde os lagartos de PeG, aumentaram o uso do microhabitat para atingir suas temperaturas operativas. A variação da amplitude térmica de atividade entre os ambientes, pode indicar eficiência termoregulatória, onde os lagartos

mantêm as temperaturas críticas sem variação, corroborando a teoria de conservadorismo evolutivo. A glicose também não variou entre as populações, no entanto a maioria dos lagartos apresentaram níveis de glicose acima do normal para répteis (60 - 100 mg/dL). Após o período de aclimação, verificamos que os lagartos apresentaram ajustes significativos da T_{pref} , onde PeC aumentou a faixa de T_{pref} para temperaturas mais frias, o que pode ser uma resposta ao estresse térmico sofrido durante o experimento, e também pode implicar em restrição das horas de atividade dos lagartos. Tal problem, pode não ser enfrentando pela população de PeG , que aumentou sua T_{pref} , indicando menor esforço para termorregular em temperaturas mais altas. A glicose variou significativamente após o período de aclimação. Temperaturas mais elevadas exigem maior demanda energética, e para isso são necessárias maiores taxas de glicose no sangue.

Palavras chaves: Plasticidade térmica, temperatura, fisiologia, choque térmico.

4.1. Introdução

A plasticidade fenotípica é a principal responsável pelo amortecimento dos impactos causados pelas variações nas condições ambientais nos animais (CHEVIN *et al.*, 2013; LANDE, 2009; NICOTRA *et al.*, 2010), seja essas variações ligadas a sazonalidade, alteração de habitat, ou mudanças climáticas em escala global. Tal plasticidade são respostas poligênicas às mudanças ambientais, acelerando uma resposta evolutiva devido à forte pressão seletiva existente (GOMULKIEWICZ *et al.*, 2010; LANDE, 2009). A seleção natural tende a atuar em parâmetros-chave das funções de desempenho ecofisiológicos como Temperaturas preferenciais (T_{pref}), temperaturas críticas mínimas e máximas (CT_{min} , CT_{max}), assim como na capacidade desses parâmetros serem modificados através do processo de aclimação (KINGSOLVER; HUEY, 1998). Alguns desses parâmetros sofrem alterações durante a ontogenia, e se tratam de modificações intracelulares diversas para acompanhar as mudanças térmicas sazonais (ANGILLET, 2006; SOMERO; DEVRIES, 1967). Em casos em que há plasticidade em populações em que a dispersão é limitada e que ocupam um ambiente heterogêneo, vemos que a heterogeneidade espacial e ambiental e a dispersão tendem a selecionar maior plasticidade (SULTAN; SPENCER, 2002; VIA; LANDE, 1985).

O iminente aumento da temperatura ambiental, assim como os constantes picos de temperaturas elevadas tem se tornado constante nos últimos anos (DIFFENBAUGH; FIELD, 2013). Tais fenômenos afetam diretamente a capacidade fisiológica da maioria dos organismos, que de alguma forma precisam sobreviver a estes ambientes, seja adaptando sua fisiologia térmica ou seu comportamento para suportar as mudanças no ambiente (DUARTE *et al.*, 2012; SULTAN; SPENCER, 2002). Dentre essas adaptações (ou aclimações) fisiológicas determinadas por fenótipos plásticos capazes de se adaptarem às condições impostas pelo ambiente, a temperatura preferencial (T_{pref}) de organismos ectotérmicos (como lagartos) está relacionada com as horas de forrageamento dos indivíduos na natureza, expressando importante parâmetro para compreendermos sua ecologia térmica. Além dela, as medidas de tolerância térmica, tanto para altas (CT_{max}) quanto para baixas (CT_{min}) temperaturas, também proporcionam evidências do potencial de funcionamento ecofisiológico dos ectotérmicos. As alterações dessas variáveis, assim como de outros parâmetros fisiológicos, indicam a existência de plasticidade térmica nas populações consideradas (PALUMBI *et al.*, 2014; SOMERO; DEVRIES, 1967).

Os organismos possuem diversas maneiras de lidar com estresses térmicos provocados pela exposição a altas temperaturas, pois estas exposições podem provocar a desnaturação de proteínas devido a perturbações de fraca interação que desestabilizam as suas estruturas (HOCHACHKA; SOMERO, 2002; HOFMANN; SOMERO, 1996). Além das alterações no desempenho e na síntese de proteínas, mudanças ambientais também interferem nas taxas de glicose e lipídios no corpo dos ectotérmicos como, por exemplo, a diminuição dos níveis de glicose no sangue de ectotérmicos durante o inverno (8-15 °C) (EL-BANNA; AL-JOHANY, 2003; MACLEAN *et al.*, 1975; SAID; HUSSEIN, 2001). Durante o inverno alguns répteis entram em torpor e utilizam os carboidratos como fonte de energia, diminuindo o metabolismo e a capacidade glicólica, passando a utilizar os lipídios como fonte de energia (ABDELGHFFAR *et al.*, 2023; EL-BANNA; AL-JOHANY, 2003). Desta forma, ectotérmicos expostos a temperaturas baixas tendem a apresentar hipoglicemia acentuada, devido ao armazenamento de gordura e glicogênio nos tecidos (WILLIARD; HARDEN, 2011), enquanto organismos que experimentam temperaturas mais amenas tendem a apresentar maiores níveis de glicose no sangue (ABDELGHFFAR *et al.*, 2023). Essa relação da hipoglicemia e baixas temperaturas em répteis pode estar relacionada com a atividade de neurotransmissores que contribuem para a depressão metabólica desses organismos durante o inverno (NILSSON; LUTZ, 1993).

Além disso, pode também estar relacionada com a ação crioprotetora da glicose, protegendo membranas e enzimas de danos, impedindo o congelamento do fluido intracelular (WITHERS, 1992). Nestas situações, assim que os agentes estressores são percebidos, a hipófise-adrenal (HPA) é ativada e libera glicocorticóides no sangue (MCEWEN; WINGFIELD, 2010; SAPOLSKY *et al.*, 2002), que nos casos dos répteis é a corticosterona (GREENBERG; WINGFIELD, 1987; GUILLETTE; ROONEY, 1995; ROMERO, 2004) responsável por mobilizar as reservas energéticas e desviar investimentos entre processos fisiológicos (HERMAN *et al.*, 2016; KUO *et al.*, 2015; SAPOLSKY *et al.*, 2002). Assim, a liberação da corticosterona nos répteis varia de acordo com as temperaturas ambientais (CLAUNCH *et al.*, 2017; DUPOUÉ *et al.*, 2013; GANGLOFF *et al.*, 2016; LUTTERSCHMIDT; MASON, 2009; TELEMECO; ADDIS, 2014).

Para investigar a capacidade de adaptação das populações com relação ao aumento da temperatura ambiental global e seus efeitos locais, nós utilizamos como organismo modelo a espécie *Tropidurus itambere*, endêmica do Cerrado e amplamente distribuída no bioma, em sua área de ocorrência mais ao sul do bioma e, portanto, a distribuição mais

austral conhecida para a espécie. Considerando as adaptações térmicas locais que essa espécie apresenta, como observamos no Cap. 1, realizamos as coletas no Parque Estadual do Cerrado (PeC) e no Parque Estadual do Guartelá (PeG), ambas no Paraná. Nós submetemos indivíduos das duas populações a condições de estresse térmico, onde eles experimentaram em laboratório uma temperatura ambiente de cerca de 5°C acima do experimentado na natureza por um período de oito semanas. Assim, buscamos investigar a capacidade de aclimação dos lagartos a temperaturas mais elevadas, através do teste das seguintes hipóteses: dadas as variações microclimáticas entre os dois locais de coleta, esperamos 1) observar diferenças da temperaturas preferenciais (T_{pref}) entre as populações, 2) assim como esperamos diferenças nos níveis de glicose; 3) também esperamos que após o período de aclimação ambas as populações apresentarão redução das T_{prefs} e da amplitude térmica de atividade, para manter sua temperatura corporal dentro da sua faixa térmica de atividade (GILBERT; MILES, 2017), e; 4) encontraremos maiores níveis de glicose no sangue após o período de aclimação, devido ao desgaste energético sofrido.

4.2. Material e métodos

4.2.1. Área de estudo

Os lagartos foram coletados em dois Parques Estaduais no estado do Paraná, PR, Brasil. Um dos locais escolhidos para a captura dos lagartos foi o Parque Estadual do Guartelá (PeG), localizado no município de Tibagi, que faz parte da região dos Campos Gerais (24° 34' S 50° 14' W). O parque está localizado no 2° Planalto Paranaense, e limita-se a leste da Escarpa Devoniana, com relevo suave ondulado, construído por sedimentos paleozoicos da Bacia Sedimentar do Paraná (MAACK, 1968). O clima do Parque é tipo Cfa de acordo com Köppen, sofrendo influencia indireta do clima tipo Cfb (MAACK, 1968). O local apresenta condições mesotérmicas, sem estação seca, com verões quentes, onde a temperatura alcança 27.5 °C, e 9.1 °C no inverno e com geadas frequentes. O parque apresenta formações florestais de Floresta Estacional Semidecídua, Floresta Ombrofila Densa, mas sua maior parte é coberta por Campo com afloramento rochoso e Campo limpo, e também possui uma mancha de Cerrado com espécies características do Bioma (IAT, 2002a). Além disso, também capturamos os lagartos no Parque Estadual do Cerrado (PeC), localizado no Centro Oriental do Estado do Paraná,

região fisiográfica dos Campos Gerais, no município de Jaguariaíva, e representa o marco meridional do Cerrado no Brasil (IAT, 2002b). O Parque está inserido no 2º Planalto Paranaense, se limitando a leste pela Escarpa Devoniana, com relevo suavemente ondulado, constituído por sedimentos paleozóicos da Bacia Sedimentar do Paraná (MAACK, 1968). O clima do Parque é influenciado pelos tipos Cfa e Cfb, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média varia entre 21.2 °C e 24.3 °C no verão e entre 13.8 °C e 16.6 °C no inverno (MAACK, 1968). O parque possui o extrato vegetacional característico de Cerrado, com algumas de suas fitofisionomias como os campos rupestres, no entanto suas matas de galeria são compostas também por espécies da Mata Atlântica. Como descrevemos acima, ambos os Parques estão estabelecido sobre substratos rochosos e possuem áreas de Cerrado, o que favorece a ocorrência da espécie escolhida como objeto de estudo deste trabalho, *T. itambere*, que por possuir habito saxícola é facilmente encontrada em ambientes ricos em afloramentos rochosos (RODRIGUES, 1987).

4.2.2. Análise de dados

Para este capítulo utilizamos apenas os dados coletados ao longo do experimento de temperatura preferencial (Tpref, TVmax, TVmin) e de glicose, para verificar a existência de plasticidade fenotípica ligadas a essas características ecofisiológicas. Utilizamos os dados de Tpref dos lagartos dos dois ambientes antes e após o período de aclimação, de forma a verificar sinais de ajustes plásticos para as condições térmicas oferecidas em laboratório durante o experimento, utilizamos um teste multivariado de Levene com mil réplicas de bootstrapping, para verificar igualdade de variância (GASTWIRTH *et al.*, 2017; LEVENE, 1960). Todas as análises foram realizadas no software R v4.4.1 (TEAM, 2019). Utilizamos um modelo linear misto do pacote lme4, para verificar a variação dos níveis de glicose entre as populações antes e depois do período de aclimação. Todas as nossas análises foram feitas em ambiente R v4. 4. 1 (TEAM, 2019).

4.3 Resultados

Inicialmente, verificamos as diferenças da Tpref entre as populações, e vimos que as populações possuem Tprefs significativamente diferentes ($t.s = 42.57, p < 2.2 \cdot 10^{-16}$) e, como havíamos previsto, os lagartos de PeG possuem uma faixa maior de Tpref em

relação aos lagartos de PeC (Figura 1), sendo que PeG apresenta temperaturas voluntárias mínimas cerca de 5 °C mais frias que PeC, já a temperatura voluntária máxima foi a mesma para as duas populações. No entanto, as populações não apresentaram diferenças significativas da amplitude térmica de atividade ($t. s = 1.88, p = 0.18$), e os níveis de glicose também não diferiram significativamente entre as duas populações ($df = 19.8, p = 0.45$). Após o período de aclimação, notamos que ambas as populações ajustaram significativamente as Tprefs (PeG = $t. s = 153.62, p < 2.2 \cdot 10^{-16}$, PeC = $t. s. = 97.08, p < 2.2 \cdot 10^{-16}$) (Figura 1). No entanto, PeC aumentou a amplitude da Tpref, mas preferiu temperaturas um pouco mais frias, enquanto PeG preferiu temperaturas um pouco mais quentes depois da aclimação, apresentando redução da amplitude de Tpref. Encontramos diferenças significativa da glicose após o período de aclimação para as duas populações ($df = 20.8, p = 0.001$).

4.4 Discussão

Vimos em nossos resultados que as populações PeC e PeG diferem significativamente com relação a Tpref, onde as populações mantiveram a mesma temperatura voluntária máxima (VTmax) e PeG apresentou temperaturas voluntárias mínimas menores (VTmin). Sabemos que Tropidurinae apresentam certo grau de conservação evolutiva das Tprefs, e que é comum essas métricas sofrerem ajustes de alguns graus Celsius, quando o ambiente restringe a evolução do comportamento de termorregulação ou quando a população se encontra sob pressão seletiva (ANGILLETTA *et al.*, 2002; KOHLSDORF; NAVAS, 2006; NAVAS, 2002). De forma geral, Squamata possuem uma imensa variação do comportamento de termorregulação, selecionando microhabitats (BAUWENS *et al.*, 1995) e resultando no ajuste das Tprefs (HUEY, 1982; PATTERSON; DAVIES, 1978) e do tempo de atividade (ADOLPH; PORTER, 1993), seja restringindo ou preferindo determinados horários. Mesmo estando próximas geograficamente, as condições ambientais experimentadas por cada uma das populações são muito diferentes, sendo que PeG apresenta uma maior variação nas condições térmicas (27 – 9 °C) em relação a PeC (24 – 13 °C) (IAT, 2002a; b), no entanto PeG apresenta temperaturas médias ambientais mais elevadas. Tais fatos sugerem evolução do comportamento termorregulador, onde os lagartos de PeC, compensam as baixas temperaturas ambientais aumentando a utilização do microhabitat e o esforço para atingir suas temperaturas operativas (ADOLPH, 1990; MEDINA *et al.*, 2009).

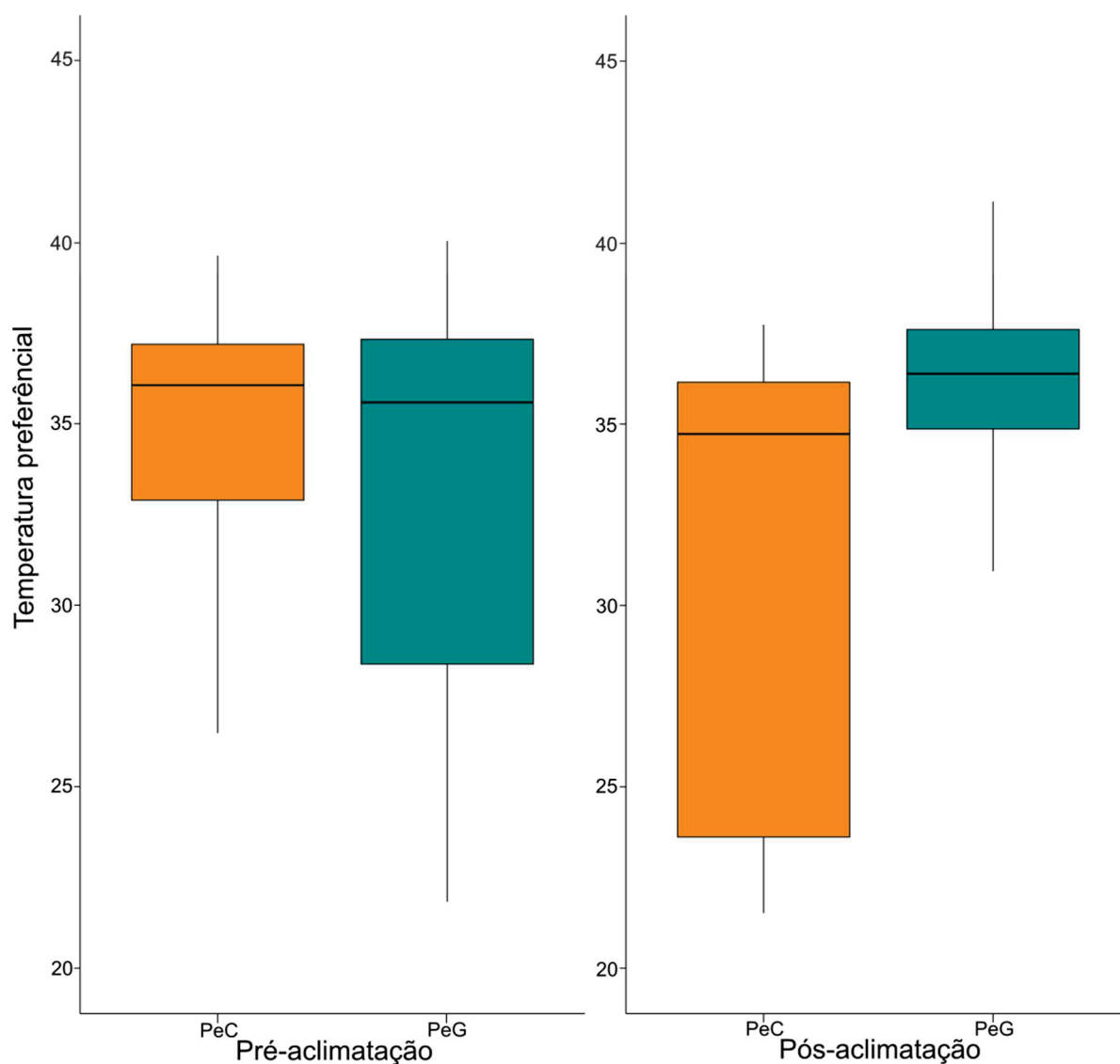


Figura 1: Temperatura preferencial (T_{pref}), para as duas populações de lagartos PeC = Parque Estadual do Cerrado; PeG = Parque Estadual do Guartelá, antes do período de aclimação.

É conhecido que populações que vivem às margens da distribuição da espécie, como é o caso das duas populações estudadas aqui, precisam desenvolver estratégias para sobreviverem aos ambientes desafiadores (ARAÚJO *et al.*, 2013). Assim, populações que vivem em ambientes mais frios precisam lidar com o desafio de encontrar microhabitats termicamente adequados para conseguirem aumentar sua temperatura corporal e a manterem dentro da faixa de temperatura preferencial (KUBISCH *et al.*, 2011; KUBISCH *et al.*, 2016). A amplitude térmica de atividade não variou entre os ambientes, indicando

que as temperaturas críticas também tendem a não diferir, reforçando a ideia da eficiência termoregulatória (ADOLPH, 1990; BAUWENS *et al.*, 1996; MEDINA *et al.*, 2009), pois mesmo com as diferenças térmicas locais, os lagartos mantêm as temperaturas críticas sem variação, corroborando a teoria de conservadorismo evolutivo.

Apesar dos níveis de glicose não terem variado significativamente entre as duas populações, refutando a nossa segunda hipótese, ela variou de forma significativa após o experimento de aclimação (Figura 2). Tais resultados indicam que o estresse térmico sofrido ao longo do experimento de aclimação foi impactante do ponto de vista fisiológico, indicando a provável tendência do que aconteceria na natureza caso os indivíduos enfrentassem tais temperaturas, como o previsto para as próximas décadas (WALTHER *et al.*, 2002). Além disso, a maioria dos lagartos apresentaram níveis de glicose acima do normal para répteis (60 - 100 mg/dL) (CAMPBELL, 1996; FRYE, 1991; MADER, 2000) mesmo antes do experimento, o que pode indicar que essa população já sofre constante estresse térmico naturalmente. Porém, tal hipótese precisa ser testada de forma comparativa com outras populações centrais e periféricas. Temperaturas mais elevadas exigem maior demanda energética, e para isso são necessárias maiores taxas de glicose no sangue (ABDELGHFFAR *et al.*, 2023). Além disso, alterações ambientais afetam inicialmente as taxas de glicose e lipídios dos organismos, pois alteram o desempenho da síntese de proteínas (EL-BANNA; AL-JOHANY, 2003; MACLEAN *et al.*, 1975; SAID; HUSSEIN, 2001). As funções mitocondriais também são afetadas pela temperatura, logo, locais mais quentes que exigem maior atividade mitocondrial, induzindo os indivíduos a um desenvolvimento rápido e prematuro, apresentando organismos com menores tamanhos corporais e maiores taxas de estresse oxidativo (BURRACO *et al.*, 2020). Em termos ecofisiológicos, a constante disponibilidade de altas taxas de glicose no sangue, exigem maior demanda alimentícia, o que somado a um ambiente com restrição de nicho térmico, pode resultar em uma morte prematura devido a não eficiência de forrageamento para alimentação.

Após o período de aclimação, verificamos que os lagartos apresentaram ajustes significativos da T_{pref} , onde P_eC aumentou a faixa de T_{pref} para temperaturas mais frias. Tal ajuste para T_{pref} s mais frias é uma resposta ao estresse térmico sofrido durante o experimento, uma vez que temperaturas mais quentes exigem maior demanda energética do que normalmente acontece na natureza, devido a maior necessidade de explorar microclimas que permitem aos lagartos aumentarem suas temperaturas corporais e mantê-las dentro da faixa térmica de atividade (GILBERT; MILES, 2016). Esse ajuste também

pode implicar em restrição das horas de atividade dos lagartos, os forçando a se abrigar durante os horários mais quentes do dia, evitando temperaturas prejudiciais. Tal cenário possivelmente não será enfrentado pela população de PeG que, ao contrário, reduziu a faixa de T_{pref} para temperaturas mais quentes. Os lagartos dessa área experimentam uma maior variação térmica, com temperaturas mais frias em relação a PeC (IAT, 2002a; b), e quando os lagartos experimentaram temperaturas mais altas do que normalmente encontraram na natureza, isso pode ter contribuído para a expressão fenotípica que permite aos lagartos um melhor desempenho em altas temperaturas sem a necessidade de um grande esforço termorregulação em temperaturas mais altas (KUBISCH *et al.*, 2011; KUBISCH *et al.*, 2016).

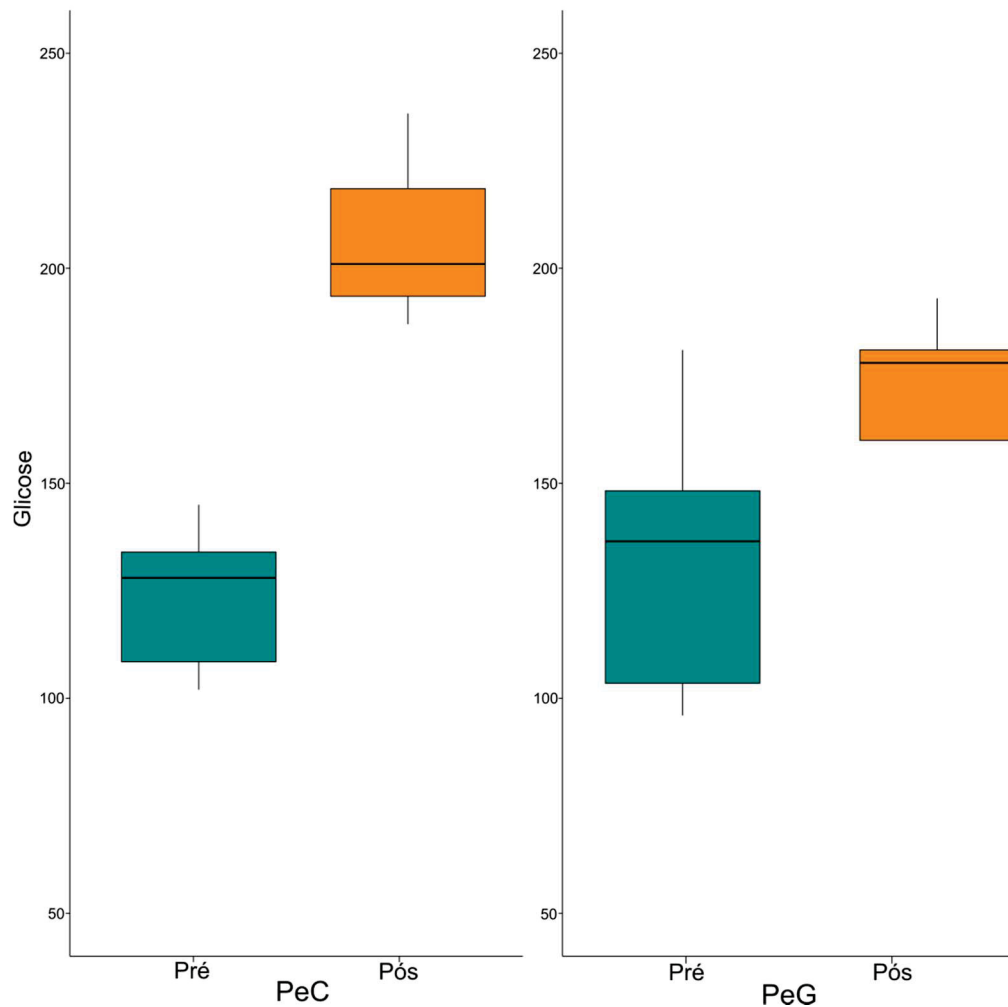


Figura 2: Variação dos níveis de glicose entre os lagartos de dois ambientes, antes e depois do período de aclimação. PeC; Parque Estadual do Cerrado; PeG; Parque Estadual do Guartelá.

4.5 Conclusão

Diante de nossos resultados, podemos concluir que os indivíduos de *T. itambere* que vivem na margem mais austral de sua distribuição apresentam indícios mais acentuados de plasticidade térmica em relação às demais localidades de coleta, o que pode estar relacionado com as diferentes condições ambientais enfrentadas por cada uma das populações. Vimos que a temperatura ambiental dos locais de coleta, apresentam uma pequena diferença de 3 e 4 °C para máximas e mínimas, respectivamente, e isso foi refletido na T_{pref} coletada em laboratório, onde os lagartos de PeG apresentaram uma variação na faixa de T_{pref} assim como maior amplitude térmica. A população também apresentou maior taxa de glicose (mesmo não sendo significativo), o que indica um maior gasto energético da população que pode estar ligado a maior necessidade de termorregulação. De toda forma, a diferença significa nos níveis de glicose após o período de aclimação sugerem que esses organismos estarão extremamente vulneráveis nos futuros eventos de mudanças climáticas, pois a manutenção dessas altas taxas em ambientes térmicos estressantes exige alto sucesso de forrageamento. Contudo, considerando os resultados do Cap. 2, o mais provável é que estes organismos terão seu tempo de atividade reduzido no futuro, resultando em menor sucesso de forrageamento e, portanto, maior probabilidade de extinção local.

4.6 Referências Bibliográficas

ABDELGHFFAR, E. A. R.; AG, A. L.; MALIK, S.; KHALPHALLAH, A. *et al.* Changes in clinicomorphometrical findings, lipid profiles, hepatorenal indices and oxidant/antioxidant status as thermoregulatory adaptive mechanisms in poikilothermic dabb lizard (*Uromastyx aegyptia*). **Scientific Reports**, 13, n. 1, p. 3409, Feb 28 2023.

ADOLPH, S. C. Influence of Behavioral Thermoregulation on Microhabitat Use by Two Sceloporus Lizards. **Ecology**, 71, n. 1, p. 315-327, 1990.

ADOLPH, S. C.; PORTER, W. P. Temperature, activity, and lizard life histories. **The American Naturalist**, 142, n. 2, p. 273-295, Aug 1993.

ANGILLETTA, J., Michael J. Estimating and comparing thermal performance curves. **Journal of Thermal Biology**, 31, n. 7, p. 541-545, 2006/10/01/ 2006.

ANGILLETTA, J., Michael J. Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis. **Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis**, p. 1-302, 01/01 2009.

ANGILLETTA, J., Michael; NIEWIAROWSKI, P. H.; NAVAS, C. A. The evolution of thermal physiology in ectotherms. **Journal of Thermal Biology**, 27, n. 4, p. 249-268, 2002/08/01/ 2002.

ARAÚJO, M. B.; FERRI-YÁÑEZ, F.; BOZINOVIC, F.; MARQUET, P. A. *et al.* Heat freezes niche evolution. **Ecol Lett**, 16, n. 9, p. 1206-1219, Sep 2013.

BAUWENS, D.; GARLAND, T., Jr.; CASTILLA, A. M.; VAN DAMME, R. Evolution of sprint speed in lacertid lizards: Morphological, physiological, and behavioral covariation. **Evolution**, 49, n. 5, p. 848-863, Oct 1995.

BAUWENS, D.; HERTZ, P. E.; CASTILLA, A. M. Thermoregulation in a lacertid lizard: the relative contributions of distinct behavioral mechanisms. **Ecology**, 77, n. 6, p. 1818-1830, 1996.

BURRACO, P.; ORIZAOLA, G.; MONAGHAN, P.; METCALFE, N. B. Climate change and ageing in ectotherms. **Global Change Biology**, 26, n. 10, p. 5371-5381, 2020/10/01 2020.

CAMPBELL, T. W. Clinical pathology. *In*: DR, M. (Ed.). **Reptile medicine and surgery**. Philadelphia: W.B. Saunders, 1996. p. 248-257.

CHEVIN, L.-M.; COLLINS, S.; LEFÈVRE, F. Phenotypic plasticity and evolutionary demographic responses to climate change: taking theory out to the field. **Functional Ecology**, 27, n. 4, p. 967-979, 2013/08/01 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2012.02043.x>.

CLAUNCH, N. M.; FRAZIER, J. A.; ESCALLÓN, C.; VERNASCO, B. J. *et al.* Physiological and behavioral effects of exogenous corticosterone in a free-ranging ectotherm. **General and Comparative Endocrinology**, 248, p. 87-96, Jul 1 2017.

CLUSELLA-TRULLAS, S.; CHOWN, S. L. Lizard thermal trait variation at multiple scales: a review. **J Comp Physiol B**, 184, n. 1, p. 5-21, Jan 2014.

DIFFENBAUGH, N. S.; FIELD, C. B. Changes in ecologically critical terrestrial climate conditions. **Science**, 341, n. 6145, p. 486-492, 2013/08/02 2013.

DUARTE, H.; TEJEDO, M.; KATZENBERGER, M.; MARANGONI, F. *et al.* Can amphibians take the heat? Vulnerability to climate warming in subtropical and temperate larval amphibian communities. **Global Change Biology**, 18, n. 2, p. 412-421, 2012/02/01 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02518.x>.

DUPOUÉ, A.; BRISCHOUX, F.; LOURDAIS, O.; ANGELIER, F. Influence of temperature on the corticosterone stress-response: an experiment in the Children's python (*Antaresia childreni*). **General and Comparative Endocrinology**, 193, p. 178-184, Nov 1 2013.

EL-BANNA, A.; AL-JOHANY, A. Effect of cold and hot temperature on behavioral and selected physiological measures of *Uromastix aegyptius* (Agamidae). **Sultan Qaboos University Journal for Science [SQUJS]**, 8, 06/01 2003.

FRYE, F. L. **Biomedical and Surgical Aspects of Captive Reptile Husbandry**. Krieger Publishing Company, 1991. (Biomedical and Surgical Aspects of Captive Reptile Husbandry. 9780894643101.

GANGLOFF, E. J.; HOLDEN, K. G.; TELEMECO, R. S.; BAUMGARD, L. H. *et al.* Hormonal and metabolic responses to upper temperature extremes in divergent life-history ecotypes of a garter snake. **Journal of Experimental Biology**, 219, n. 18, p. 2944-2954, 2016.

GASTWIRTH, J. L.; GEL, Y. R.; HUI, W. L. W.; LYUBCHICH, V. *et al.* Package 'lawstat'. **CRAN: Tools for Biostatistics, Public Policy, and Law**, 2017.

GILBERT, A. L.; MILES, D. B. Food, temperature and endurance: effects of food deprivation on the thermal sensitivity of physiological performance. **Functional Ecology**, 30, n. 11, p. 1790-1799, 2016/11/01 2016. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12658>.

GILBERT, A. L.; MILES, D. B. Natural selection on thermal preference, critical thermal maxima and locomotor performance. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 284, n. 1860, p. 20170536, 2017/08/16 2017.

GOMULKIEWICZ, R.; HOLT, R. D.; BARFIELD, M.; NUISMER, S. L. Genetics, adaptation, and invasion in harsh environments. **Evolutionary Applications**, 3, n. 2, p. 97-108, Mar 2010.

GREENBERG, N.; WINGFIELD, J. C. Stress and reproduction: Reciprocal relationship. *In*: NORRIS, D. O. e JONES, R. E. (Ed.). **Hormones And Reproduction In Fishes, Amphibians, And Reptiles**. Springer.: Springer., 1987. p. 461 - 503.

GUILLETTE, L. J., Cree, A.; ROONEY, A. A. Biology of stress: interactions with reproduction, immunology and intermediary metabolism. *In*: C. WARWICK, F. L. F., & J. B. Murphy (Ed.). **Health And Welfare Of Captive Reptiles**: Springer, 1995. p. 32 - 81.

GUNDERSON, A. R.; STILLMAN, J. H. Plasticity in thermal tolerance has limited potential to buffer ectotherms from global warming. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 282, n. 1808, p. 20150401, 2015/06/07 2015.

HERMAN, J. P.; MCKLVEEN, J. M.; GHOSAL, S.; KOPP, B. *et al.* Regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenocortical stress response. **Compr Physiol**, 6, n. 2, p. 603-621, Mar 15 2016.

HOCHACHKA, P. W.; SOMERO, G. N. Biochemical adaptation: Mechanism and process in physiological evolution. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, 30, n. 3, p. 215-216, 2002/05/01 2002. <https://doi.org/10.1002/bmb.2002.494030030071>.

HOFMANN, G. E.; SOMERO, G. N. Interspecific variation in thermal denaturation of proteins in the congeneric mussels *Mytilus trossulus* and *M. galloprovincialis*: evidence from the heat-shock response and protein ubiquitination. **Marine Biology**, 126, n. 1, p. 65-75, 1996/03/01 1996.

HUEY, R. B., 1982, **Temperature , Physiology , and the Ecology of Reptiles**.

IAT. Plano de Manejo de Proteção Integral - Parque Estadual do Guartelá. AMBIENTE, M. Web Site: Instituto Água e Terra (IAT): 30 p. 2002a.

IAT. Plano de Manejo de Proteção Integral - Parque Estadual do Cerrado. AMBIENTE, M. Web Site: Instituto Água e Terra (IAT) 2002b.

IPCC; TEAM, C. W.; LEE, H.; ROMERO, J. **IPCC: Climate Change 2023: Synthesis Report**. 2020.

KINGSOLVER, J. G.; HUEY, R. B. Evolutionary analyses of morphological and physiological plasticity in thermally variable environments. **Integrative and Comparative Biology**, 38, p. 545-560, 1998.

KOHLSDORF, T.; NAVAS, C. Ecological constraints on the association between field and preferred temperatures in Tropidurinae lizards. **Evolutionary Ecology**, 20, p. 549-564, 01/11 2006.

KUBISCH, E. L.; FERNÁNDEZ, J. B.; IBARGÜENGOYTÍA, N. R. Is locomotor performance optimised at preferred body temperature? A study of *Liolaemus pictus argentinus* from northern Patagonia, Argentina. **Journal of Thermal Biology**, 36, n. 6, p. 328-333, 2011/08/01/ 2011.

KUBISCH, E. L.; FERNÁNDEZ, J. B.; IBARGÜENGOYTÍA, N. R. Vulnerability to climate warming of *Liolaemus pictus* (Squamata, Liolaemidae), a lizard from the cold temperate climate in Patagonia, Argentina. **J Comp Physiol B**, 186, n. 2, p. 243-253, Feb 2016.

KUO, T.; MCQUEEN, A.; CHEN, T. C.; WANG, J. C. Regulation of glucose homeostasis by glucocorticoids. In: J.-C. WANG, C. H. (Ed.). **Glucocorticoid Signaling**: Springer, 2015. p. 99 - 126.

LANDE, R. Adaptation to an extraordinary environment by evolution of phenotypic plasticity and genetic assimilation. **Journal of Evolutionary Biology**, 22, n. 7, p. 1435-1446, Jul 2009.

- LEVENE, H. Robust Tests for Equality of Variances. *In*: OLKIN, I. (Ed.). **Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling**. Palo Alto: Stanford University Press, 1960. p. 278-292.
- LUTTERSCHMIDT, D. I.; MASON, R. T. Endocrine mechanisms mediating temperature-induced reproductive behavior in red-sided garter snakes (*Thamnophis sirtalis parietalis*). **Journal of Experimental Biology**, 212, n. 19, p. 3108-3118, 2009.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. J. Olympio, 1968.
- MACLEAN, G. S.; LEE, A. K.; WITHERS, P. C. Haematological adjustments with diurnal changes in body temperature in a lizard and a mouse. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, 51, n. 1a, p. 241-249, May 1 1975.
- MADER, D. R. Reptilian metabolic disorders. *In*: A.M., F. (Ed.). **Laboratory medicine avian and exotic pets**. Philadelphia: W. B. Saunders, 2000. p. 210-216.
- MCEWEN, B. S.; WINGFIELD, J. C. What is in a name? Integrating homeostasis, allostasis and stress. **Horm Behav**, 57, n. 2, p. 105-111, Feb 2010.
- MEDINA, M.; GUTIERREZ, J.; SCOLARO, A.; IBARGÜENGOYTÍA, N. Thermal responses to environmental constraints in two populations of the oviparous lizard *Liolaemus bibronii* in Patagonia, Argentina. **Journal of Thermal Biology**, 34, n. 1, p. 32-40, 2009/01/01/ 2009.
- MURRISH, D. E.; VANCE, V. J. Physiological responses to temperature acclimation in the lizard *Uta mearnsi*. **Comparative Biochemistry and Physiology**, 27, n. 1, p. 329-337, 1968/10/01/ 1968.
- NAVAS, C. A. Herpetological diversity along Andean elevational gradients: links with physiological ecology and evolutionary physiology. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, 133, n. 3, p. 469-485, 2002/11/01/ 2002.
- NICOTRA, A. B.; ATKIN, O. K.; BONSER, S. P.; DAVIDSON, A. M. *et al.* Plant phenotypic plasticity in a changing climate. **Trends Plant Sci**, 15, n. 12, p. 684-692, Dec 2010.
- NILSSON, G. E.; LUTZ, P. L. Role of GABA in hypoxia tolerance, metabolic depression and hibernation--possible links to neurotransmitter evolution. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology**, 105, n. 3, p. 329-336, Jul 1993.
- PALUMBI, S. R.; BARSHIS, D. J.; TRAYLOR-KNOWLES, N.; BAY, R. A. Mechanisms of reef coral resistance to future climate change. **Science**, 344, n. 6186, p. 895-898, May 23 2014.

PATTERSON, J. W.; DAVIES, P. M. C. Preferred body temperature: Seasonal and sexual differences in the lizard *Lacerta vivipara*. **Journal of Thermal Biology**, 3, n. 1, p. 39-41, 1978/03/01/ 1978.

RODRIGUES, M. Sistemática, ecologia e zoogeografia dos *Tropidurus* do grupo *torquatus* ao sul do Rio Amazonas (Sauria, Iguanidae). **Arquivos de Zoologia, São Paulo**, 31, p. 105-230, 1987.

ROMERO, L. M. Physiological stress in ecology: lessons from biomedical research. **TRENDS in Ecology and Evolution**, 19, n. 5, p. 249-255, May 2004.

SAID, K. M.; HUSSEIN, H. K. Variations in some haematological parameters and gonadal indices of *Uromastix aegyptius* during hibernation and active periods. **Proceedings of the First International Conference (Egyptian British Biological Society, EBB Soc)**, 3, p. 81 - 85, 2001.

SAPOLSKY, R.; BECKER, J.; BREEDLOVE, S.; CREWS, D. *et al.* Endocrinology of the stress response. In: J. B. BECKER, S. M.; BREEDLOVE, D. C., *et al* (Ed.). **Behavioral Endocrinology**. MIT Press., 2002. p. 409 - 450.

SINERVO, B.; MÉNDEZ-DE-LA-CRUZ, F.; MILES, D. B.; HEULIN, B. *et al.* Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. **Science**, 328, n. 5980, p. 894 - 899, 2010. 10.1126/science.1184695.

SOMERO, G. N.; DEVRIES, A. L. Temperature tolerance of some Antarctic fishes. **Science**, 156, n. 3772, p. 257-258, Apr 14 1967.

SULTAN, S. E.; SPENCER, H. G. Metapopulation structure favors plasticity over local adaptation. **The American Naturalist**, 160, n. 2, p. 271-283, Aug 2002.

TEAM, R. C. **R: A Language and Environment of Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing: 2019.

TELEMECO, R. S.; ADDIS, E. A. Temperature has species-specific effects on corticosterone in alligator lizards. **General and Comparative Endocrinology**, 206, p. 184-192, Sep 15 2014.

TERBLANCHE, J. S.; DEERE, J. A.; CLUSELLA-TRULLAS, S.; JANION, C. *et al.* Critical thermal limits depend on methodological context. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 274, n. 1628, p. 2935-2943, 2007/12/07 2007.

VIA, S.; LANDE, R. Genotype-environment interaction and the evolution of phenotypic plasticity. **Evolution**, 39, n. 3, p. 505-522, 1985/05/01 1985. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1985.tb00391.x>.

WALTHER, G.-R.; POST, E.; CONVEY, P.; MENZEL, A. *et al.* Ecological responses to recent climate change. **Nature**, 416, p. 389 - 395, 03/28/online 2002. Review Article.

WILLIARD, A. S.; HARDEN, L. A. Seasonal changes in thermal environment and metabolic enzyme activity in the diamondback terrapin (*Malaclemys terrapin*). **Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol**, 158, n. 4, p. 477-484, Apr 2011.

WITHERS, P. C. **Comparative animal physiology**. Saunders College Pub., Fort Worth: 1992.

5 Capítulo 4

Limites locais da adaptação: variação ecofisiológica entre populações de um lagarto endêmico do Cerrado (*Tropidurus itambere*, Squamata, Tropiduridae) nos extremos climáticos de sua distribuição.

Autoria: Naiane Arantes Silva, Júlio Miguel de Alvarenga, Hellen dos Santos, Junior Nadaline, Natalie Motelewski Trippia, Matheus Maciel Alcantara Salles, Michael Alexandre Barbosa da Rosa, Guarino Rinaldi Colli, Fabricius Maia Chaves Bicalho Domingos

Resumo

A plasticidade fenotípica térmica é o principal responsável por amortecer os possíveis impactos causados pelas variações nas condições ambientais, sejam elas micro ou macroclimática, sazonais, ou de origem antrópica. A seleção natural tende a atuar em parâmetros-chave das funções de desempenho dos organismos, como a temperatura ótima de corrida (T_o), amplitude térmica do desempenho locomotor a 80% (TB80), velocidade a 80% (B80), temperatura crítica mínima (CT_{min}), e máxima (CT_{max}), e também na capacidade de modificação desses parâmetros através de processos de aclimação. Em casos onde a população ocupa um ambiente heterogêneo, espera-se observar atuação da seleção natural favorecendo uma maior plasticidade fenotípica. Aqui, comparamos parâmetros-chave das funções de desempenho de três populações de *Tropidurus itambere* nos extremos da distribuição da espécie, sendo uma área no ecótono Cerrado-Amazônia ao Norte no Parque Municipal do Bacaba (Cr), e duas ao Sul no ecótono Cerrado-Mata Atlântica, no Parque Estadual do Cerrado (PeC) e no Parque Estadual do Guartelá (PeG). Dadas as diferenças dos climas locais, esperamos observar diferenças relacionadas às normas de reação que descrevem as curvas de sensibilidade térmica do desempenho locomotor (T_o , TB80, B80, P_{max}) e os limites térmicos (Ct_{min} , Ct_{max} ,) entre as três populações, e que as populações do ecótono Cerrado-Mata Atlântica apresentem maior capacidade de aclimação a temperaturas mais elevadas. Verificamos as diferenças da temperatura preferencial (T_{pref}) entre as três populações. PeG apresentou Ct_{min} mais baixas em relação a PeC e Cr, devido a sua menor temperatura ambiental durante o inverno. Cr e PeG apresentaram maior amplitude de atividade, visto que seus ambientes possuem maior amplitude térmica. Os lagartos de PeG tiveram as T_{pref} mais próximas de Cr do que de PeC. Após o período de aclimação todas as populações ajustaram a T_{pref} , mas não Ct_{min} . Notamos que todas as populações sofreram redução na velocidade

de corrida após o período de aclimação, e também da T_o . As populações Cr e PeG reduziram cerca de 0.6 °C da TB80. Apenas PeC aumentou o B80 em cerca de 1.7 m/s, enquanto que Cr e PeG reduziram o B80 em cerca de 2.4 m/s. Essas diferenças na sensibilidade térmica podem estar relacionadas com os habitats naturais utilizados, variação geográfica e temporais do clima (sazonalidade). Assim, um ajuste térmico entre temperatura de coleta, T_{pref} e T_o , pode promover otimização de processos fisiológicos e comportamentais dentro da faixa térmica, e auxilia reduzindo custos de termorregulação, principalmente para indivíduos que tem sua atividade diária limitada seja pelo frio (PeC e PeG) ou calor (Cr). Com relação às curvas de desempenho locomotor, as populações apresentaram o mesmo formato de curva, no entanto a altura da curva variou, mostrando que os lagartos do Cerrado-Amazônia possuem maior desempenho locomotor, seguido de PeC e PeG, respectivamente. Tais resultados corroboram a teoria da eficiência da termorregulação comportamental, onde os lagartos de PeC, mesmo vivendo em local com menor variação térmica e temperaturas mais baixas em relação às outras populações, mantiveram uma maior velocidade de corrida que PeG e aumentaram o desempenho do B80 após experimentar temperaturas mais elevada durante aclimação em laboratório. PeC também foi a única população que apresentou plasticidade do C_{tmax} , aumentando após o período de aclimação, indicando que esta população possui maior plasticidade térmica que as populações de PeG e Cr, que tendem a ser mais afetadas com aumento das temperaturas locais.

Palavras chave: Plasticidade térmica, desempenho, temperatura, fisiologia, ecótonos.

5.1 Introdução

Como já mencionado nos capítulos anteriores, a plasticidade fenotípica térmica é o principal responsável por amortecer os impactos causados pelas variações nas condições ambientais (CHEVIN *et al.*, 2013; LANDE, 2009; NICOTRA *et al.*, 2010), e essas variações podem ser climáticas, sazonais, ou de origem antrópica, além de atuar em diversas escalas geográficas. Em termos gerais, a plasticidade fenotípica são respostas poligênicas que aceleram uma resposta evolutiva devido à forte pressão seletiva existente (GOMULKIEWICZ *et al.*, 2010; LANDE, 1983). A seleção natural normalmente atua em parâmetros-chave das funções de desempenho dos organismos, tais como a temperatura ótima de corrida (T_o), amplitude térmica do desempenho locomotor a 80% (TB80), velocidade a 80% (B80), temperatura crítica mínima (CTmin), temperatura crítica máxima (CTmax), e atua também na capacidade de modificação desses parâmetros através de processos de aclimação (KINGSOLVER; HUEY, 1998). Alguns desses parâmetros sofrem alterações durante a ontogenia, acompanhando as mudanças térmicas sazonais dos locais que os organismos habitam (ANGILLETTA, 2006; SOMERO; DEVRIES, 1967). Em casos onde a população ocupa um ambiente heterogêneo, e a dispersão populacional é limitada, espera-se observar atuação da seleção natural favorecendo uma maior plasticidade fenotípica (SULTAN; SPENCER, 2002; VIA; LANDE, 1985). Dessa forma, as respostas plásticas térmicas tendem a variar de acordo com o ambiente e as mudanças ocorrentes nele (PIE *et al.*, 2017), fazendo-se necessárias comparações entre e dentro das populações em diversas escalas ecológicas, para verificar os limites da flexibilidade térmica das populações (HUEY *et al.*, 2009), e investigar os padrões da plasticidade térmica e do potencial adaptativo desses organismos.

Sabemos que os ectotérmicos dependem da incidência solar e da dissipação do calor ambiental para regular sua temperatura corporal em sua faixa preferencial e manter suas taxas metabólicas e processos fisiológicos em funcionamento (ANGILLETTA, J., M. J, 2009; KINGSOLVER, 2009). A termorregulação fisiológica e comportamental permite que essas espécies ocorram em ambientes heterogêneos e explorem microhabitats adequados (AVERY, 1982). A capacidade de termorregulação é um fator determinante da sobrevivência desses organismos em ambientes desafiadores, e de sua sensibilidade ecológica ao aquecimento climático (HUEY *et al.*, 2012; KEARNEY *et al.*, 2009; SINERVO *et al.*, 2010). Lagartos tendem a apresentar variações comportamentais e nos mecanismos de regulação térmica, tais como mudanças nas temperaturas preferenciais

(como vimos nos lagartos estudados nos capítulos 1 e 3 desta tese) (HUEY, 1982; PATTERSON; DAVIES, 1978), seleção de micro-habitat (BAUWENS *et al.*, 1996) e seleção de horários de atividade (ADOLPH; PORTER, 1993), evitando alcançar temperaturas críticas máxima (Ctmax) e mínimas (Ctmin). É esperado que a termorregulação comportamental mude de acordo com as condições térmicas do gradiente ambiental, para que os ótimos térmicos de desempenho correspondam às mudanças térmicas do gradiente (ANGILLETTA, J., M. J, 2009). No entanto, em casos onde a termorregulação oferece maior risco de predação, ela acaba impondo maiores custos ecológicos do que benefícios (BLOUIN-DEMERS; NADEAU, 2005; HUEY; SLATKIN, 1976) e, nesses casos, os lagartos tendem a apresentar respostas fisiológicas, como alterações fenotípicas epidérmicas, vasculares e cuticulares, para se adequar às novas condições térmicas (SOMERO *et al.*, 1996).

Em espécies de lagartos que apresentam ampla distribuição e, portanto, experimentam uma maior diversidade de habitats, espera-se que a pressão seletiva regida pela temperatura atue de diferentes formas na vida dos organismos (HOFFMANN *et al.*, 2003). Em geral, as populações de lagartos apresentam condições ecofisiológicas específicas às condições locais (KASPARI *et al.*, 2015; NADEAU *et al.*, 2017; SOMERO, 2010), ou adaptações locais, como vimos nos resultados dos capítulos anteriores. Apesar de tenderem a usar o comportamento para evitar altas temperaturas, as estratégias de termorregulação dos lagartos em escala local serão condicionadas pelas diferenças nas tolerâncias térmicas entre os diferentes habitats utilizados, que podem ser resultado das diferentes condições do desenvolvimento (MONTEJO-KOVACEVICH *et al.*, 2020), temperatura de incubação dos ovos (MAIA-CARNEIRO; NAVAS, 2021), ou da plasticidade fenotípica dos parâmetros térmicos (Cap. 1, Cap. 2 e Cap. 3).

Sabemos que os ectotérmicos tendem a ter suas características ecofisiológicas moldadas de acordo com as condições ambientais locais, em particular temperatura e precipitação (BUCKLEY *et al.*, 2012). Contudo, em espécies de ampla distribuição, as condições climáticas locais podem ser extremamente diferentes, e resultar em respostas ecofisiológicas distintas nas diferentes populações (VALLADARES *et al.*, 2014). O Cerrado, é a savana mais biodiversa do mundo (RATTER *et al.*, 1997) e possui um alto grau de endemismo (ALVES; KOLBEK, 2010). É altamente sazonal, com duas estações bem definidas (inverno – seco e frio, verão – quente e úmido), e seu clima pode variar de tropical chuvoso (Aw) nas regiões meridionais (RIBEIRO; WALTER, 1998a) a tropical de altitude (Cwa) em região central (1.200 metros de altitude) (EITEN, 1994). Foram

descritas 11 fitofisionomias para este bioma, entre elas está o cerrado rupestre, caracterizado por suas árvores estarem estabelecidas sobre afloramentos rochosos (RIBEIRO; WALTER, 1998a), o que resulta em uma vegetação baixa e rala, maior incidência solar e consequentemente maiores temperaturas. O cerrado rupestre ocorre geralmente em mosaicos com outras formações florestais (RIBEIRO; WALTER, 1998a), o que torna relativamente comum encontrar a fitofisionomia em enclaves savânicos no meio de florestas ou ambientes de ecótonos.

Neste trabalho, focamos em três populações distintas localizadas em áreas de ecótonos que, segundo MILLER (1954), são áreas de transição entre duas ou mais comunidades, se tratando de uma zona de junção que pode ser linear e de longa extensão, porém é mais estreita em relação as comunidades adjacentes. Em resumo, em áreas de ecótonos, temos uma mosaico vegetacional dos biomas envolvidos e, no caso do presente trabalho, formações florestais influenciadas pela Amazônia ao norte, e formações florestais influenciadas pela Mata Atlântica ao sul, ambas entremeadas por enclaves de Cerrado, em especial cerrado rupestre, fitofisionomia de ocorrência do lagarto usado como objeto de estudo, *Tropidurus itambere*. Além das diferenças presentes na estrutura vegetacional das três áreas, elas também divergem termicamente e nos regimes de precipitação (Figura 1).

Neste capítulo, comparamos a ecofisiologia de três populações do lagarto *Tropidurus itambere* endêmico do Cerrado, em duas áreas de ecótono, sendo uma área no ecótono Cerrado-Amazônia ao norte, no Parque do Bacaba (Cr), e duas no ecótono Cerrado-Mata Atlântica ao sul, no Parque Estadual do Cerrado (PeC) e no Parque Estadual do Guartelá (PeG). Dadas as diferenças dos climas locais, esperamos observar diferenças relacionadas às normas de reação que descrevem as curvas de sensibilidade térmica do desempenho locomotor (T_o , T_{B80} , B_{80} , P_{max}) e os máximos térmicos (C_{tmin} , C_{tmax} ,) entre as três populações. Mais especificamente esperamos que 1) os lagartos do Cerrado-Amazônia apresentem menor desempenho máximo de corrida (m/s), com ótimos térmicos mais altos, pois estão expostos diariamente a maiores temperaturas, e com isso tendem a diminuir a velocidade para permanecerem ativos por mais horas do dia (FROST *et al.*, 2001; KIEFER *et al.*, 2005; KOHLSDORF *et al.*, 2004). No entanto, esperamos que 2) as populações ao sul (PeC e PeG) apresentem menores temperaturas preferenciais (T_{pref}) e temperaturas críticas mínimas (C_{tmin}), e maior amplitude térmica de atividade, com relação aos lagartos do Norte (Cr), pois experimentam menores temperaturas ambientais. Ainda, esperamos que após o período do experimento de

aclimação, 3) os lagartos das três populações apresentem redução da T_{pref} , para manter sua temperatura corporal dentro da sua faixa térmica de atividade (GILBERT; MILES, 2017); e 4) um aumento da C_{tmin} e diminuição da amplitude térmica de atividade apenas para as populações ao sul (PeC e PeG), dessas, sendo o maior ajuste esperado para PeC. Além disso, 5) notaremos aumento da C_{tmax} após o período de aclimação para as populações ao sul (PeC e PeG), pois essas áreas possuem temperaturas menores em relação ao ecótono Cerrado-Amazônia, visto que essa última apresenta maiores C_{tmax} . Esperamos também ajustes nas normas de reação que descrevem as curvas de sensibilidade térmica do desempenho locomotor e, com isso, será possível observar 6) uma redução do desempenho máximo de corrida (m/s) para as três populações, e um aumento da temperatura de desempenho máximo de corrida (T_o), sendo maior para as populações do ecótono Cerrado-Mata Atlântica (PeC e PeG). De forma a acompanhar a temperatura de exposição do experimento, esperamos também 7) um aumento da temperatura de desempenho a 80% (T_{B80}) para os lagartos do ecótono Cerrado-Mata Atlântica (PeC e PeG), mas não para Cr, e 8) um aumento do desempenho a 80% (B_{80}) para as três populações, sendo maior para PeC e PeG.

Se nossas hipóteses estiverem corretas, veremos cada população com suas características ecofisiológicas, bem como suas respectivas plasticidades, moldadas por seus respectivos ambientes climáticos, sustentando que a espécie possui sensibilidade térmica ligada ao ambiente. Caso observemos ajustes térmicos após o período de aclimação, haverá uma redução da sensibilidade térmica do desempenho fisiológico, indicando plasticidade térmica das populações amostradas (ANGILLETTA, J., MICHAEL J., 2009; HUEY; BENNETT, 1987; HUEY; KINGSOLVER, 1989), e evidenciando que as populações tendem a se aclimatar às variações térmicas locais.

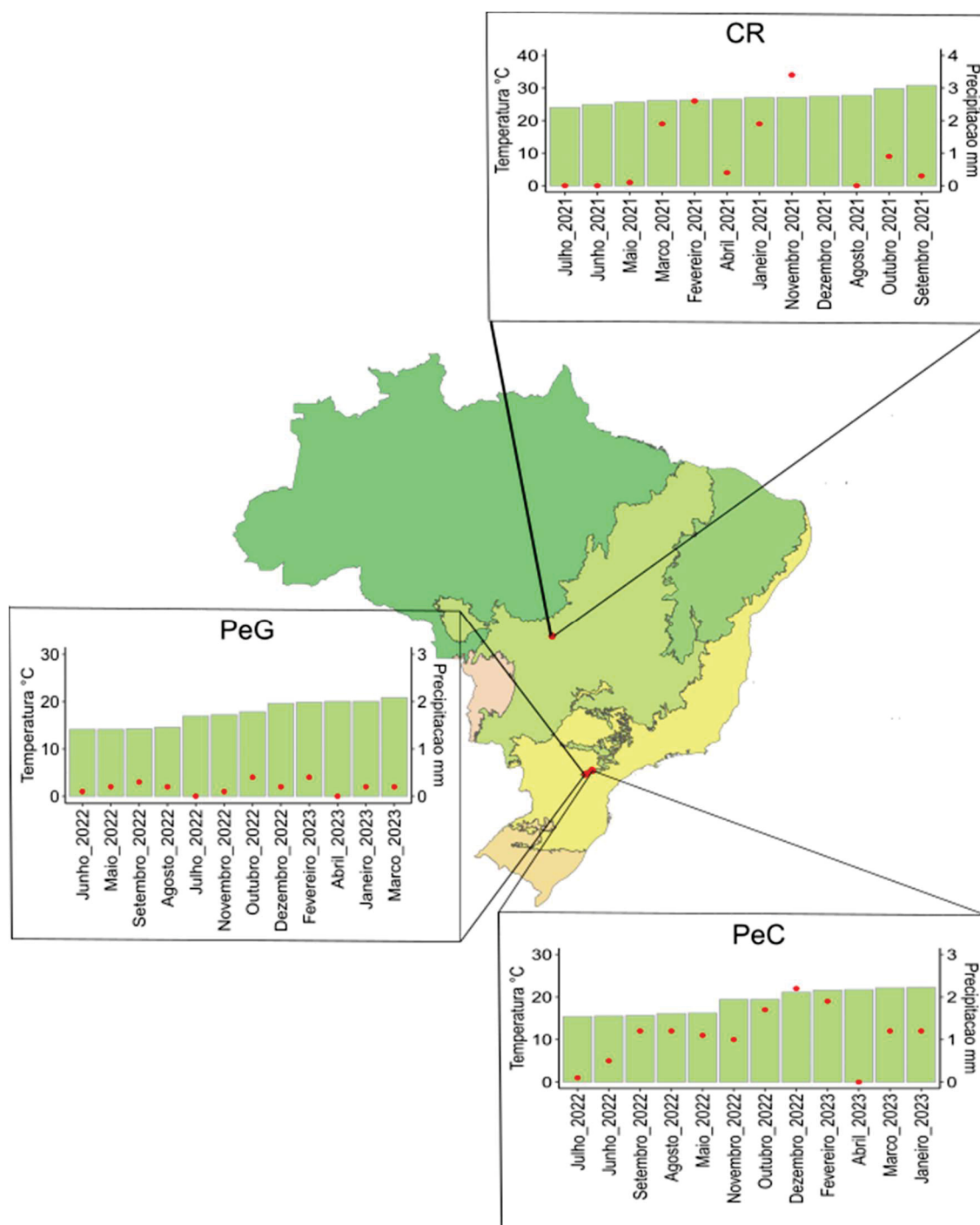


Figura 1: Mapa dos biomas brasileiros mostrando as áreas de coleta (pontos em vermelho), e a variação de temperatura e precipitação em cada uma das áreas de coletas. Parque Estadual do Cerrado (Peg), Parque Estadual do Guartelá (PeG) no ecótono Cerrado-Mata Atlântica, e Parque Municipal do Bacaba no ecótono Cerrado-Amazônia (CR).

5.2 Material e Metodos

5.2.1 Área de estudo

No estado do Paraná, coletamos os lagartos em dois parques estaduais. Um foi o Parque Estadual do Guartelá, localizado no município de Tibagi, que faz parte da região dos Campos Gerais (24° 34' S 50° 14' W). O parque está localizado no 2° Planalto Paranaense, e limita-se a leste da Escarpa Devoniana, com relevo suave ondulado, construído por sedimentos paleozoicos da Bacia Sedimentar do Paraná (MAACK, 1968). O clima do Parque é tipo Cfa de acordo com Köppen, sofrendo influencia indireta do clima tipo Cfb (MAACK, 1968). Com condições mesotérmicas, sem estação seca, com verões quentes, onde a temperatura alcança 27.5 °C, e 9.1 °C no inverno e com geada frequentes. O parque apresenta formações florestais de Floresta Estacional Semidecídua, Floresta Ombrófila Densa, mas sua maior parte é coberta por Campo com afloramento rochoso e Campo limpo, o Parque também possui uma mancha de Cerrado com espécies características do bioma (IAT, 2002a). Também capturamos os lagartos no Parque Estadual do Cerrado, localizado no Centro Oriental do Estado do Paraná, região fisiográfica dos Campos Gerais, no município de Jaguariaíva, e representa o marco meridional do Cerrado no Brasil (IAT, 2002b). O Parque está inserido no 2° Planalto Paranaense, se limitando a leste pela Escarpa Devoniana, com relevo suavemente ondulado, constituído por sedimentos paleozoicos da Bacia Sedimentar do Paraná (MAACK, 1968). O clima do Parque é influenciado pelos tipos Cfa e Cfb, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média varia entre 21.2 °C e 24.3 °C no verão e entre 13.8 °C e 16.6 °C no inverno (MAACK, 1968). O parque possui o extrato vegetacional característico de Cerrado, com algumas de suas fitofisionomias como os campos rupestres, no entanto suas matas de galeria são compostas também por espécies da Mata Atlântica. Como descrevemos acima, ambos os Parque estão estabelecido sobre substratos rochosos e possuem áreas de Cerrado, o que favorece a ocorrência da espécie escolhida como objeto de estudo deste trabalho, *T. itambere*, que por ser possuir habito saxícola, é facilmente encontrado em ambientes ricos em afloramentos rochosos (RODRIGUES, 1987).

No oposto do ecótono Cerrado-Mata Atlântica, capturamos lagartos na transição Cerrado-Amazônia, na unidade de conservação municipal, Parque do Bacaba, localizada no município de Nova Xavantina, MT. O clima da região é do tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013), com um período quente e chuvoso

(outubro a março) e um frio e seco (abril a setembro), precipitação anual em torno de 1.600 mm e temperatura média anual de 25°C (MARIMON *et al.*, 2012). O Parque possui aproximadamente 500 ha, com uma vegetação heterogênea, variando entre cerrado típico, em contato com áreas de cerradão e mata de galeria (MARIMON JUNIOR; HARIDASAN, 2005). O cerrado rupestre (área de coleta dos lagartos) está estabelecido entre 340 e 400 m de altitude e ocupa cerca de 6% da área total do Parque do Bacaba (ABAD; MARIMON, 2008). Esta formação vegetal é estabelecida em morros, possui característica savânica com extrato arbóreo arbustivo ralo e grande presença de gramíneas, onde a principal característica é o fato da vegetação se estabelecer sobre afloramentos rochosos, em particular quartzito (ABAD; MARIMON, 2008; RIBEIRO; WALTER, 1998b). Assim, devido à alta exposição à luz solar, os ambientes de cerrado rupestre apresentam temperaturas geralmente mais altas quando comparadas com as outras fitofisionomias do Cerrado.

5.3 Resultados

Em nossas hipóteses, previmos diferenças ecofisiológicas entre as populações de lagartos do ecótono do Cerrado e, como previsto, as populações mostraram diferenças com relação ao desempenho locomotor. A seleção automática de modelos mostrou que o desempenho locomotor dos lagartos é fortemente influenciado pelo ambiente, aclimação, temperatura e o tamanho corporal dos lagartos, de acordo com o critério de Akaike (Tabela 2). Vimos também que o melhor modelo apresenta uma interação entre a aclimação e temperatura corporal, também de acordo com o critério de Akaike. Assim, utilizamos este modelo para verificar as normas de reação que descrevem as curvas de sensibilidade térmica do desempenho locomotor, que não apresentaram diferenças para os ótimos térmicos entre as populações. No entanto, vimos que os lagartos do Cerrado-Amazônia possuem maior desempenho máximo de corrida, refutando nossa primeira hipótese (Figura 2).

Verificamos as diferenças com relação a temperatura preferencial (T_{pref}), e observamos que os lagartos das três populações possuem T_{pref} significativamente diferentes entre si ($t.s. = 13.607$, $p = 2.2e^{-16}$) (Figura 3). Encontramos diferenças significativas também para a temperatura corporal registrada em campo ($t.s. = 6.36$ $p = 0.03$) e para temperatura do substrato utilizada pelos animais no momento da coleta ($t.s. = 5.45$, $p = 0.01$).

Tabela 1: Seleção de modelos e média de modelos aditivos generalizados de efeitos mistos (GAMMs) relacionando preditores do desempenho locomotor (velocidade de corrida) do lagarto *Tropidurus itambere*. Os modelos representados são aqueles com $\Delta AICc < 4$. CRC: comprimento rostro cloacal, AICc: critério de informação de Akaike corrigido para amostras pequenas, $\Delta AICc$: diferença entre o modelo dado e o melhor modelo, wAICc: peso de Akaike.

Modelo		Df	AICC	$\Delta AICC$	wAICC	
Aclimação + ambiente + temperatura + CR		9	2273.12	0.00	0.18	
C						
Aclimação + Ambiente + temperatura		8	2273.27	0.15	0.16	
Aclimação + ambiente + massa + temperat		10	2274.29	1.17	0.10	
ura + CRC						
Aclimação + ambiente + massa + temperat		9	2274.52	1.39	0.09	
ura						
Média do modelo						
Importância	Aclimação	Ambientes	s(Temperatura)	CRC	Massa	Sexo
Soma dos pesos	1.00	1.00	1.00	0.51	0.36	0.30

No entanto a temperatura a 5 cm e a 1 m não apresentaram diferenças significativa entre as populações ($t.s = 1.88$, $p = 0.21$; $t.s = 6.56$, $p = 0.14$, respectivamente). Nossos resultados mostraram que as populações possuem a C_{tmin} significativamente diferentes entre si ($t.s = 6.77$, $p = 0.01$), onde PeG apresentou C_{tmin} mais baixas em relação a PeC e Cr. A população que vive em PeG experimenta temperaturas mais baixas durante o inverno ($\pm 9^\circ C$) e com geadas frequentes, em relação a Cr e PeC. A amplitude de atividade também foi significativamente diferente entre as três populações ($t.s = 3.62$, $p = 0.05$) (Figura 3), onde Cr e PeG apresentaram maior amplitude de atividade, corroborando parcialmente nossa segunda hipótese. Em nossa quarta hipótese, previmos que as Trefs dos lagartos de PeC, seriam mais próximas das de Cr, o que não foi corroborado, ao

contrário do que previmos, os lagartos de PeG tiveram as temperaturas mais próximas de Cr.

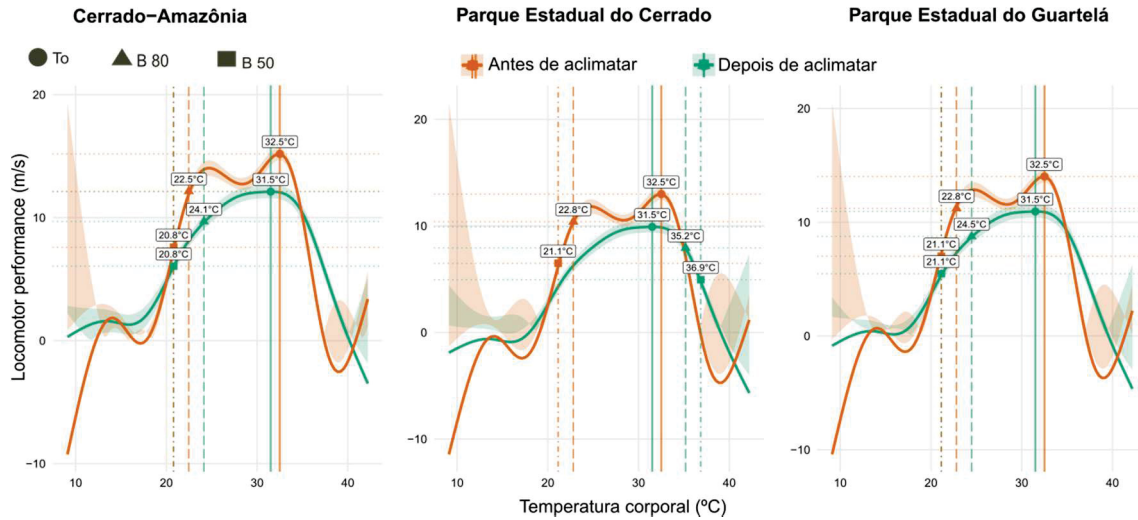


Figura 2: Curvas de desempenho locomotor das três populações amostradas de acordo com os parâmetros do melhor modelo de acordo com o AIC, uma no ecótono Cerrado-Amazonia (P. M. Bacaba), e duas no Cerrado-Mata Atlântica (P. E. Cerrado e P. E. Guartelá) antes e depois do período de aclimação.

Após o período de aclimação, esperávamos menores temperaturas preferenciais para nossas três populações, e observamos que todas as populações reduziram significativamente a T_{pref} (Cr: $t.s = 2326.8$, $p < 2.2e^{-16}$; PeC: $t.s = 76.674$, $p < 2.2e^{-16}$; PeG: $t.s = 167.69$, $p = < 2.2e^{-16}$) (Figura 4), corroborando nossa quarta hipótese. Não encontramos diferenças significativas da C_{tmin} (Cr: $t.s = 0.06$, $p = 0.87$; Pec: $t.s = 0.40$, $p = 0.71$; PeG: $t.s = 0.001$, $p = 0.97$) para as populações amostradas. Após o período de aclimação, a amplitude térmica de atividade também não apresentou diferença significativa (Cr: $t.s = 0.26$, $p = 0.71$; Pec: $t.s = 0.05$, $p = 0.86$; PeG: $t.s = 0.002$, $p = 0.89$). No entanto, as faixas de amplitudes em si diminuíram significativamente após o período de aclimação. As populações PeG e Cr não apresentaram diferenças significativas do C_{tmax} ($t.s = 0.39$, $p = 0.66$ e $t.s = 1.89$, $p = 0.19$, respectivamente) após o período de aclimação, no entanto, a única população que apresentou um aumento significativo foi PeC ($t.s = 16.94$, $p = 0.004$), corroborando parcialmente nossa sexta hipótese (Figura 5).

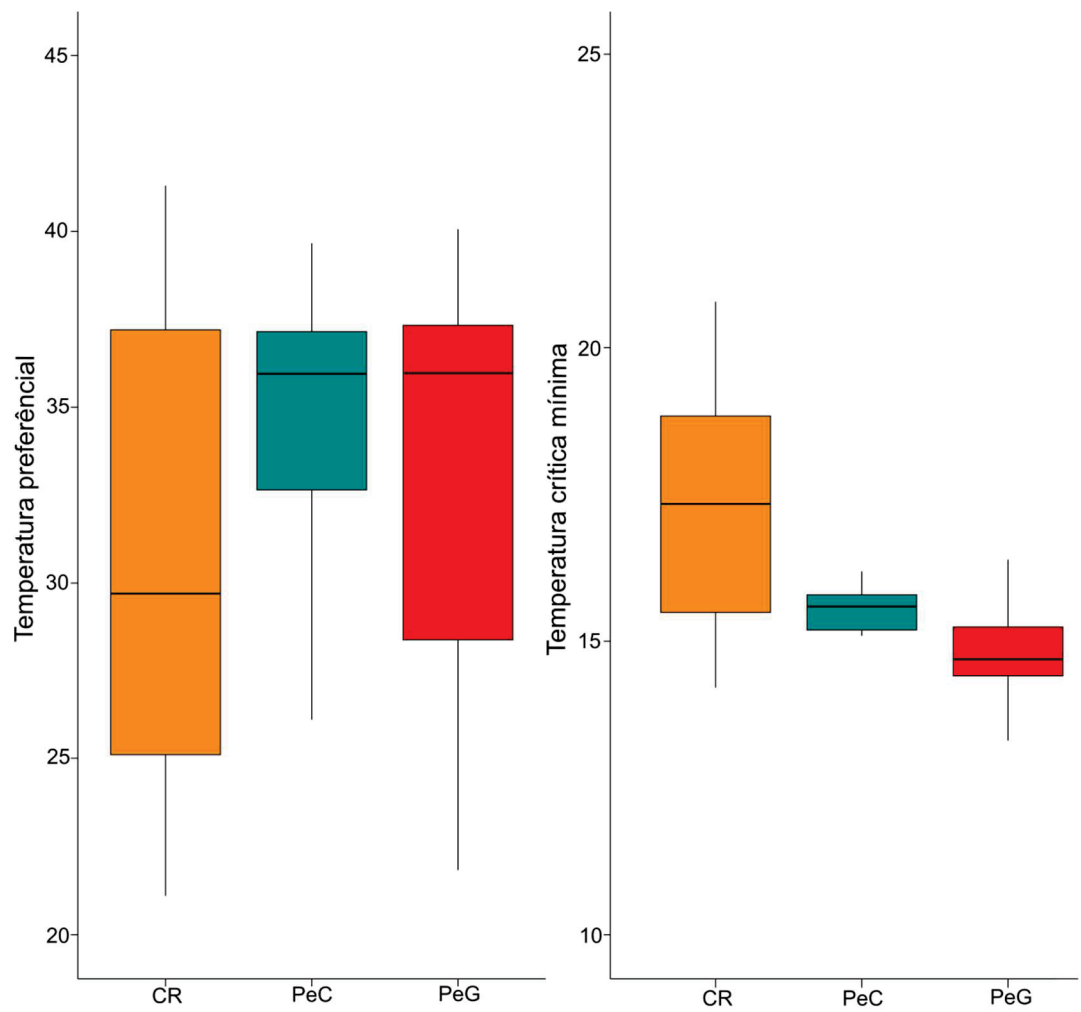


Figura 3: Temperatura crítica mínima (Ctmin) e temperatura preferencial (Tpref), para as três populações de lagartos (Cr = Parque do Bacaba), no ecótono Cerrado-Amazônia, (Pec = Parque Estadual do Cerrado; PeG = Parque Estadual do Guartelá) no ecótono Cerrado-Mata Atlântica, antes do período de aclimação.

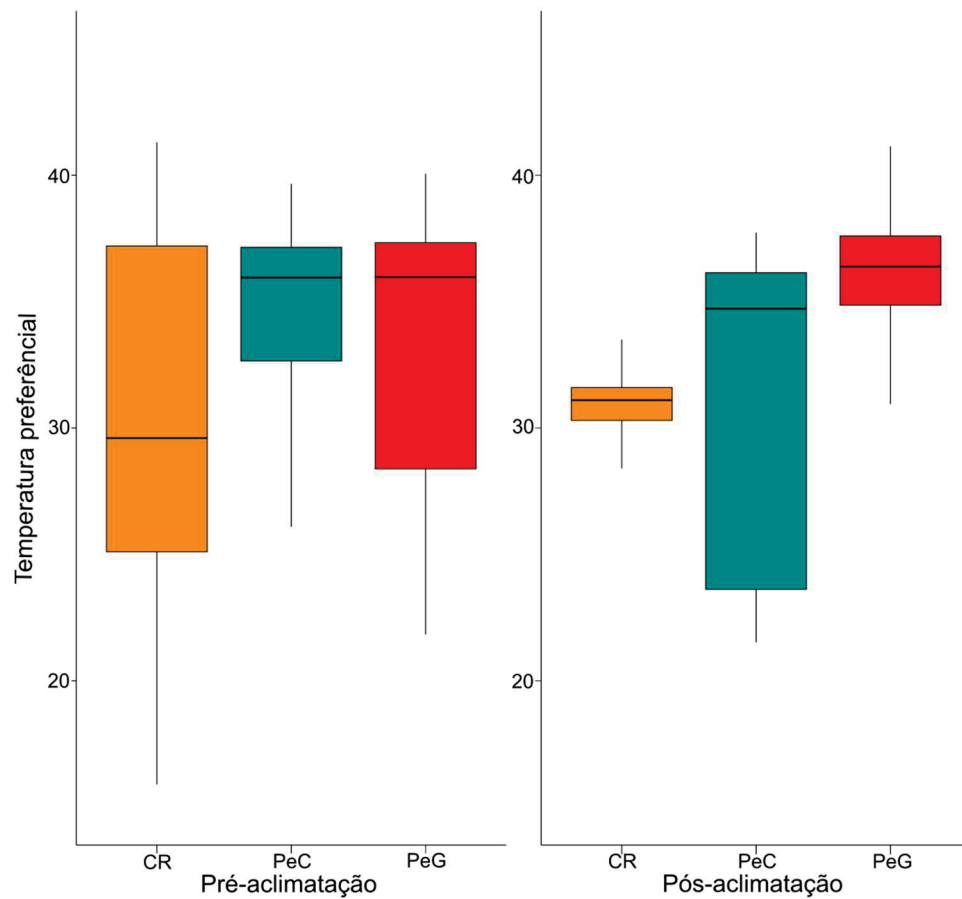


Figura 4: Temperatura preferencial (T_{pref}), para as três populações de lagartos (Cr = Parque do Bacaba), no ecótono Cerrado-Amazônia, (PeC = Parque Estadual do Cerrado; PeG = Parque Estadual do Guartelá) no ecótono Cerrado-Mata Atlântica, pré e pós aclimação.

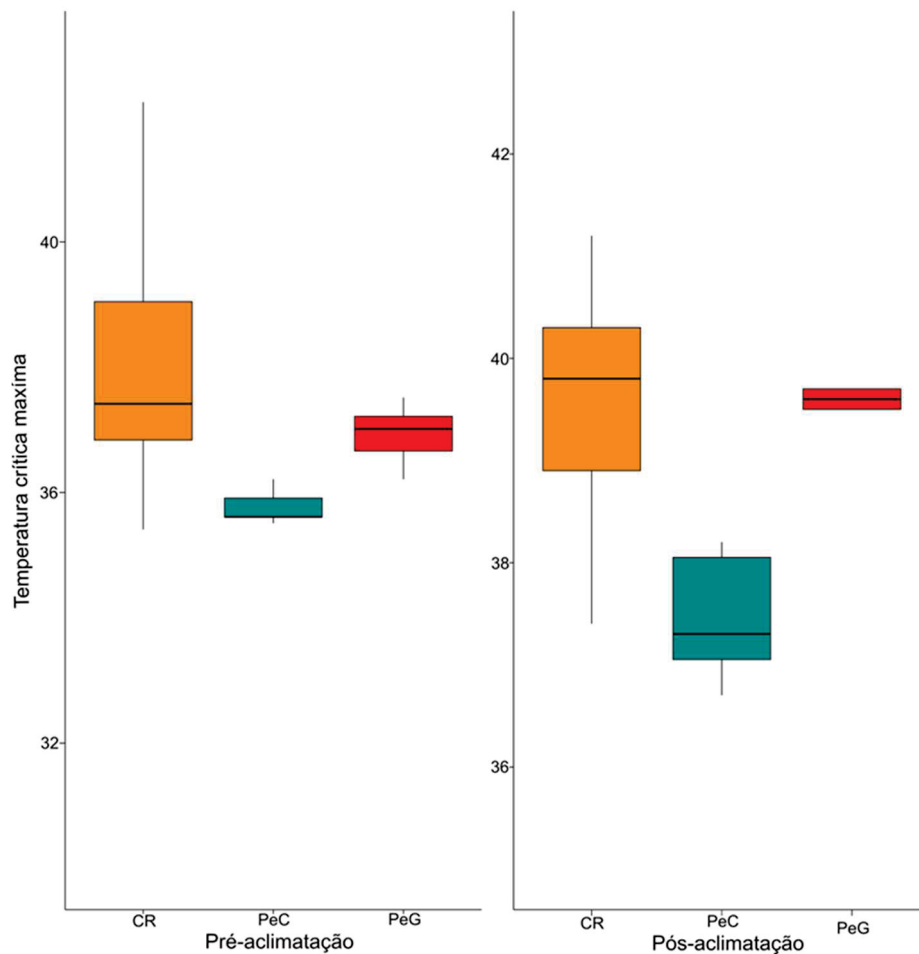


Figura 5: Temperatura crítica máxima para a três populações de lagartos (Cr = Parque do Bacaba), no ecótono Cerrado-Amazônia, (Pec = Parque Estadual do Cerrado; PeG = Parque Estadual do Guartelá) no ecótono Cerrado-Mata Atlântica, antes e depois do período de aclimação.

Nossas curvas de desempenho locomotor mostraram redução da velocidade de desempenho locomotor para as três populações após o período de aclimação. Todas as populações apresentaram redução de aproximadamente 3.1 m/s do desempenho máximo de corrida após o período de aclimação (Figura 2). Previmos também em nossas hipóteses que as populações aumentariam T_o , no entanto, após o período de aclimação, ambas as populações apresentaram redução da T_o (± 0.6 °C) (Figura 2) corroborando parcialmente nossa sétima hipótese. Previmos também o aumento da TB80 para PeC e PeG, no entanto, nossos resultados mostraram que a TB80 diminuiu em aproximadamente ± 0.6 °C apenas para as populações Cr e PeG após o período de aclimação (Figura 2). Além disso, previmos aumento do B80 para todas as populações e nossos resultados mostraram que PeC foi a única população que apresentou aumento do B80 (± 1.7 m/s).

No entanto, PeG e Cr apresentaram redução do B80 (± 2.4 m/s) após o período de aclimação (Figura 2), corroborando parcialmente nossa hipótese.

5.4 Discussão

Em nossos resultados, vimos que as três populações amostradas nos ecótonos Cerrado-Amazônia e Cerrado-Mata Atlântica possuem o desempenho locomotor influenciado pelo ambiente, aclimação, temperatura e tamanho corporal. No entanto, nossos lagartos apresentaram diferenças com relação a velocidade de máximo desempenho, mas não para a T_o , que se manteve dentro da faixa de T_{pref} , e abaixo da temperatura operativa registrada no momento da coleta. A forma das curvas térmicas de performance (TPC), juntamente com a sensibilidade térmica, tendem a variar de acordo com habitat, variação geográfica e variações temporais do clima (sazonalidade) (PEARSON *et al.*, 2009; SEARS *et al.*, 2016; SINCLAIR *et al.*, 2016; SOMERO, 2010). Esse padrão térmico, também registrado para lagartos de clima frio e hostil (Patagônia Argentina e Andes), reforça a teoria relacionada a coadaptação, onde a temperatura corporal selecionada pelos lagartos tende a otimizar o desenvolvimento de suas funções fisiológicas (ANGILLETTA *et al.*, 2002; HUEY; BENNETT, 1987). Assim, um ajuste térmico entre temperatura de coleta, T_{pref} e T_o , pode promover essa otimização de processos fisiológicos e comportamentais dentro da faixa térmica, auxiliando na redução dos custos de termorregulação, principalmente para indivíduos que tem sua atividade diária limitada seja pelo frio (PeC) ou calor (Cr) (VILLAVICENCIO *et al.*, 2006).

Nossos resultados mostraram que a T_{pref} das três populações foi significativamente diferente, onde podemos ver que a variação ocorreu apenas nas temperaturas voluntárias mínimas, mas não nas máximas (Tabela 1; introdução geral), influenciando também na amplitude de atividade das populações. Isso acontece porque as altas temperaturas ambientais são compensadas pela utilização de microhabitats que são termicamente adequados e pelo esforço de aquecimento (ADOLPH, 1990; MEDINA *et al.*, 2009), ou seja, os lagartos que vivem no ecótono Cerrado-Mata Atlântica (PeC e PeG) tendem a usar o comportamento termorregulador para alcançar suas temperaturas operativas, enquanto que os lagartos do ecótono Cerrado-Amazônia termorregulam para evitar altas temperaturas corporais que possam ser prejudiciais. (KUBISCH *et al.*, 2011; KUBISCH *et al.*, 2016). Também vimos que as populações apresentaram diferenças significativas na T_b registrada em campo, assim como a temperatura do substrato, porém,

PeG apresentou temperatura ambiental menor que PeC e CR no momento da coleta, confirmando nossa teoria de que diferenças térmicas entre as populações está associada ao uso do habitat (SUNDAY *et al.*, 2014).

Nossos resultados também mostraram que as Ctmin das populações foram significativamente diferentes entre si. As populações do ecótono Cerrado-Mata Atlântica (PeC e PeG) apresentaram menores valores de Ctmin, resultado também encontrado por GÓMEZ ALÉS *et al.* (2021) e STELLATELLI *et al.* (2022), corroborando a plasticidade do Ctmin, que tende a diminuir com o aumento da latitude (CRUZ *et al.*, 2005; DEUTSCH *et al.*, 2008; GRIGG; BUCKLEY, 2013; SUNDAY *et al.*, 2014). Os limites de tolerância térmica normalmente refletem a ecologia térmica dos indivíduos e, assim, esperamos que populações expostas a maior variação térmica sazonal apresentem maior amplitude térmica (LEVINS, 1968). Vimos também que Cr foi a população com maior amplitude de atividade, porém, a população PeC, mesmo com temperaturas ambientais mais amenas e menor variação térmica em relação a Cr e PeG, apresentaram valores mais altos de amplitude térmica, seguindo o padrão de que a temperatura da amplitude térmica de atividade tende a aumentar com a latitude, devido a diminuição das temperaturas de Ctmin (BONINO *et al.*, 2015; CRUZ *et al.*, 2005).

Após o período de aclimação, observamos que os lagartos do Cr e de PeC reduziram os valores de Tpref, no entanto, Cr apresentou redução da amplitude de Tpref (pré ± 38 e ± 27 °C, pós ± 30.5 e ± 31), enquanto PeC apresentou aumento da amplitude do Tpref (pré ± 38 e ± 33 °C, pós ± 36 e ± 24 °C). Essa diminuição da Tpref para essas populações após o período de aclimação a temperaturas mais altas também foi encontrada por GILBERT & MILES (2016), e podem indicar uma possível redução das horas de atividades caso a temperatura ambiental local aumente. Além disso, esses lagartos possuem uma maior demanda energética, pois precisam usar a termorregulação comportamental, variando entre microhabitats sombreados e ensolarados para manter sua temperatura corporal dentro de sua faixa térmica de atividades e conseguir sobreviver (GILBERT; MILES, 2016). Esse resultado pode ser uma forma de resposta ao estresse térmico sofrido, que em geral é convertido em alta demanda energética, para se manterem ativos em horários de temperatura mais baixas, situação que pode ser vantajosa, pois os lagartos conservam energia nos horários mais estressantes do dia (FEDER; HOFMANN, 1999). Porém, esse padrão de redução da Tpref não foi encontrado para os lagartos de PeG, que ao contrário de Cr e PeC, aumentaram seus valores de Tpref, mas reduziram a amplitude da preferência térmica (pré ± 38 e ± 29 °C, pós ± 39 e ± 36). Por mais que a

população PeG tenha aumentado os valores de T_{pref} , a população também sofreu redução na amplitude das temperaturas preferenciais, o que significa que, em situação natural, operaria em uma menor faixa de temperatura, o que pode estar relacionado com a temperatura local, visto que o Parque Estadual do Guartelá apresenta maior variação térmica local ($27 - 9\text{ }^{\circ}\text{C}$) em relação ao Parque Estadual do Cerrado ($24 - 13\text{ }^{\circ}\text{C}$), que possui menor variação térmica e menores temperaturas, e ao Parque do Bacaba ($15 - 28$), com temperaturas mais altas.

Manter a temperatura corporal dentro da faixa preferencial também pode resultar em maior demanda metabólica, devido ao maior esforço para encontrar microhábitats que permitam que os lagartos alcancem a temperatura corporal ideal para o forrageamento (KUBISCH *et al.*, 2011; KUBISCH *et al.*, 2016), como no caso das populações do Cerrado-Mata Atlântica, e o contrário para a população do Cerrado-Amazônia. Sabemos que Tropidurinae tende a apresentar conservadorismo evolutivo da T_{pref} (KOHLSDORF; NAVAS, 2006), no entanto, estão sujeitos a sofrerem ajustes de poucos graus Celsius, isso porque o comportamento termorregulador dessa família de lagartos pode ser restrito ambientalmente, ou estar sob pressão seletiva (ANGILLETTA, 2006; NAVAS, 2002). Por mais que as populações nos mostrem indicativos de plasticidade térmica ligadas à T_{pref} , esse pode ser um mecanismo pouco eficiente para lidar com picos térmicos muito altos, e pode acarretar mudanças fisiológicas e comportamentais muito severas, afetando o sucesso reprodutivo e com o tempo a manutenção das populações (DE-LIMA *et al.*, 2022; GILBERT; MILES, 2017; HUEY; BENNETT, 1987).

Aqui corroboramos a hipótese da Ct_{min} ser afetada pelo regime térmico local (HOFFMANN *et al.*, 2013), pois vimos que as populações possuem CT_{min} e a amplitude de atividade significativamente diferentes entre si. Contudo, não encontramos diferenças significativas da Ct_{min} e da amplitude térmica de atividade após o período de aclimação. Sabemos que essa característica ecofisiológica apresenta aumento em neonatos de *Tropidurus torquatus* cujo ovos foram chocados em temperaturas elevadas (DE-LIMA *et al.*, 2022). No entanto, esse ajuste ainda não foi registrado para indivíduos adultos da espécie. Esperávamos que as populações de PeC e PeG ajustassem a CT_{max} para temperaturas mais elevadas após o período de aclimação, no entanto apenas PeC apresentou aumento significativo (Figura 4). O ajuste de Ct_{max} para temperaturas mais altas após o período de aclimação pode estar relacionado com o fato dos lagartos nunca terem experimentado temperaturas tão elevadas na natureza durante um longo período, como no experimento. Em ambientes naturais, os lagartos possuem maior disponibilidade

para termorregulação comportamental, e assim evitam temperaturas corporais elevadas, o que não foi possível durante o experimento de laboratório, que pode ter resultado em alterações fisiológicas básicas como perda de água por transpiração (TRACY *et al.*, 2008), ou desidratação (REZENDE *et al.*, 2011), levando à expressão do fenótipo plástico ligado a C_{tmax} .

O desempenho é extremamente importante na ecologia dos lagartos pois, além de estar relacionado a história de vida dos organismos, implica diretamente na aptidão (IRSCHICK; MEYERS, 2007; LE GALLIARD *et al.*, 2004; STROBBE *et al.*, 2009), como no modo de forrageamento (HUEY *et al.*, 1984; MILES *et al.*, 2007), sucesso reprodutivo (BYERS *et al.*, 2010; HUSAK *et al.*, 2006), fuga (CALSBECK; COX, 2010; LIMA; DILL, 1990), defesa de território (GARLAND *et al.*, 1990; ROBSON; MILES, 2000) e sobrevivência (GILBERT; MILES, 2017; MILES, 2004). Nossas curvas de desempenho locomotor térmico (TPC) mostraram que as populações apresentaram diferenças térmicas suficientes para mudar a altura das curvas, mas não a forma das mesmas. Vimos que as populações não apresentaram diferenças de T_o , e tiveram pouca diferença da TB80. Porém, registramos diferenças na velocidade de corrida, onde o D_{max} reduziu cerca de 1 a 2 m/s entre as populações (Figura 2). Essa diferença entre as populações está relacionada ao ambiente de origem, corroborando a hipótese de que os lagartos têm seu desempenho moldado pelas condições térmicas locais (ANGILLETTA, 2006; ANGILLETTA *et al.*, 2002). Tal fenômeno pode também estar relacionado com a força de seleção atuante na amplitude térmica de desempenho, que pode diferir entre ambientes flutuantes ou constantes (HUEY; SLATKIN, 1976; HUEY; STEVENSON, 1979). Dessa forma, esperamos que a seleção natural favoreça fenótipos que aumentem o desempenho locomotor dos lagartos dentro das condições térmicas locais oferecidas (KINGSOLVER *et al.*, 2011; LOGAN *et al.*, 2014; SINCLAIR *et al.*, 2016). Após o período de aclimação, esperávamos um aumento da T_o para PeC e PeG, porém, todas as populações amostradas sofreram redução de 0.8 °C na T_o . Por outro lado, como esperávamos, registramos redução de aproximadamente 3.1 m/s da velocidade máxima de desempenho locomotor. Tal redução pode ter significado em termos de estratégia ecológica, uma tentativa dos lagartos de se manterem mais ativos em horários de temperaturas baixas e/ou mais altas, uma vez que seu desempenho é comprometido pela variação térmica local.

Após o período de aclimação, esperávamos um aumento da TB80 para os lagartos de PeC e PeG, no entanto apenas os lagartos de PeG e Cr apresentaram uma

redução sutil de 0.5 °C e PeC não variou. Também esperávamos que as populações aumentassem o B80, mas registramos diminuição para PeG e Cr (± 2.4 m/s) e PeC aumentou cerca de 1.7 m/s. A redução do B80 apenas nas populações de Cr e PeG pode estar relacionada com a temperatura ambiental local, visto que esses locais apresentam temperaturas ambientais mais altas, ou picos de calor extremo, que podem ser mais frequentes nesses locais. Desta forma, se os lagartos experimentarem, na natureza, temperaturas ambientais muito próximas a sua temperatura corporal (T_o , T_{pref} e CT_{max}), eles podem diminuir a velocidade de desempenho locomotor para se manterem ativos, em resposta a exposição a temperatura muito altas que podem ser prejudiciais (GIBERT *et al.*, 2019; HUEY *et al.*, 2009). No entanto, o aumento do B80 para PeC pode estar relacionado com maior estabilidade térmica local e temperaturas ambientais mais amenas em relação as outras duas populações, uma vez que a TB80 dessa população não sofreu alteração. Dessa forma, caso essa população passe por aumento da temperatura ambiental, é possível que a população sofra diminuição do tempo de atividade (KEARNEY *et al.*, 2009) evitando forragear em horários onde temperaturas ambientais são prejudiciais. É de suma importância que os lagartos consigam atingir velocidades altas de corrida em uma ampla faixa de temperaturas, para melhor desenvolver suas atividades ecológicas. No entanto em espécies em que a amplitude de desempenho é estreita, como no caso de *T. itambere*, caso ocorra ajuste das temperaturas críticas para acompanhar a mudança ambiental, isso afetará a capacidade locomotora dos lagartos que vivem em temperaturas extremas (KAUFMANN; BENNETT, 1989).

5.5 Conclusão

Nossos resultados mostraram as diferenças da sensibilidade térmica dos lagartos de três populações que experimentam diariamente temperaturas diferentes. No entanto, essas populações apresentam respostas ecofisiológicas parecidas ao aumento da temperatura, principalmente ligadas ao desempenho locomotor, onde vimos que duas das populações estudadas tendem a diminuir a velocidade de corrida com aumento da temperatura corporal. Vimos que apenas a população de PeC apresentou plasticidade térmica com relação as CT_{max} , e é possível supor que as demais (PeG e Cr) estão com os limites térmicos muito próximos das temperaturas letais. Isso acarreta em possível aumento do risco de extinção local caso a temperatura ambiental aumente, ou picos térmicos extremos se tornem frequentes. É preciso considerar que espécies de ampla

distribuição geográfica tendem a experimentar seleção para flexibilidade fenotípica em várias características (ARTACHO *et al.*, 2017; BONINO *et al.*, 2011; BONINO *et al.*, 2015), e nossos achados corroboram essa tendência, pois indicaram um pequeno aumento na velocidade de corrida no B80 apenas para PeC após o período de aclimação. Em termos seletivos, as alterações comportamentais geralmente acompanham a aclimação em um genótipo adaptado às condições locais (LANDE; ARNOLD, 1983). Tal tendência sugere que as populações de Cr e PeG estejam mais vulneráveis ao aumento iminente da temperatura ambiental, e que a termorregulação comportamental é a responsável por amortecer os impactos mais severos do aumento da temperatura.

7 Referências Bibliográficas

ABAD, J. C. S.; MARIMON, B. S. Caracterização e diagnóstico ambiental do Parque Municipal do Bacaba (Nova Xavantina, MT). *In: Gestão e educação ambiental: água, biodiversidade e cultura*. São Carlos: RIMA, 2008. p. 23-53.

ADOLPH, S. C. Influence of Behavioral Thermoregulation on Microhabitat Use by Two Sceloporus Lizards. **Ecology**, 71, n. 1, p. 315-327, 1990.

ADOLPH, S. C.; PORTER, W. P. Temperature, activity, and lizard life histories. **The American Naturalist**, 142, n. 2, p. 273-295, Aug 1993.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. d. M. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, R. J. V.; KOLBEK, J. Can campo rupestre vegetation be floristically delimited based on vascular plant genera? **Plant Ecology**, 207, n. 1, p. 67-79, 2010/03/01 2010.

ANGILLETTA, J., M. J. **Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis**. Oxford: Oxford University Press, 2009. 1-302 p.

ANGILLETTA, J., Michael J. Estimating and comparing thermal performance curves. **Journal of Thermal Biology**, 31, n. 7, p. 541-545, 2006/10/01/ 2006.

ANGILLETTA, J., Michael J. Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis. **Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis**, p. 1-302, 01/01 2009.

ANGILLETTA, J., Michael; NIEWIAROWSKI, P. H.; NAVAS, C. A. The evolution of thermal physiology in ectotherms. **Journal of Thermal Biology**, 27, n. 4, p. 249-268, 2002/08/01/ 2002.

ARTACHO, P.; JOUANNEAU, I.; LE GALLIARD, J. F. Interindividual variation in thermal sensitivity of maximal sprint speed, thermal behavior, and resting metabolic rate in a lizard. **Physiol Biochem Zool**, 86, n. 4, p. 458-469, Jul-Aug 2013.

ARTACHO, P.; SARAVIA, J.; PERRET, S.; BARTHELD, J. L. *et al.* Geographic variation and acclimation effects on thermoregulation behavior in the widespread lizard *Liolaemus pictus*. **J Therm Biol**, 63, p. 78-87, Jan 2017.

AVERY, R. A. Field studies of body temperatures and thermoregulation. *In*: GANS, C. e POUGH, F. H. (Ed.). **Physiology C. Physiological Ecology**. New York: Academic Press, 1982. p. 167-211.

BAUWENS, D.; HERTZ, P. E.; CASTILLA, A. M. Thermoregulation in a lacertid lizard: the relative contributions of distinct behavioral mechanisms. **Ecology**, 77, n. 6, p. 1818-1830, 1996.

BLOUIN-DEMERS, G.; NADEAU, P. The cost-benefit model of thermoregulation does not predict lizard thermoregulatory behavior. **Ecology**, 86, n. 3, p. 560-566, 2005.

BONINO, M. F.; AZÓCAR, D. L.; TULLI, M. J.; ABDALA, C. S. *et al.* Running in cold weather: morphology, thermal biology, and performance in the southernmost lizard clade in the world (*Liolaemus lineomaculatus* section: *Liolaemini*: Iguania). **J Exp Zool A Ecol Genet Physiol**, 315, n. 8, p. 495-503, Oct 1 2011.

BONINO, M. F.; MORENO AZÓCAR, D. L.; SCHULTE, J. A.; ABDALA, C. S. *et al.* Thermal sensitivity of cold climate lizards and the importance of distributional ranges. **Zoology**, 118, n. 4, p. 281-290, 2015/08/01/ 2015.

BUCKLEY, L. B.; HURLBERT, A. H.; JETZ, W. Broad-scale ecological implications of ectothermy and endothermy in changing environments. **Global Ecology and Biogeography**, 21, n. 9, p. 873-885, 2012/09/01 2012.

BYERS, J.; HEBETS, E.; PODOS, J. Female choice based upon male motor performance. **Animal Behaviour**, 79, p. 771-778, 04/01 2010.

CALSBEEK, R.; COX, R. M. Experimentally assessing the relative importance of predation and competition as agents of selection. **Nature**, 465, n. 7298, p. 613-616, 2010/06/01 2010.

CHEVIN, L.-M.; COLLINS, S.; LEFÈVRE, F. Phenotypic plasticity and evolutionary demographic responses to climate change: taking theory out to the field. **Functional Ecology**, 27, n. 4, p. 967-979, 2013/08/01 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2012.02043.x>.

CLUSELLA-TRULLAS, S.; CHOWN, S. L. Lizard thermal trait variation at multiple scales: a review. **J Comp Physiol B**, 184, n. 1, p. 5-21, Jan 2014.

CRUZ, F. B.; FITZGERALD, L. A.; ESPINOZA, R. E.; SCHULTE II, J. A. The importance of phylogenetic scale in tests of Bergmann's and Rapoport's rules: lessons from a clade of South American lizards. **Journal of Evolutionary Biology**, 18, n. 6, p. 1559-1574, 2005/11/01 2005.

- DE-LIMA, A. K. S.; DE OLIVEIRA, C. H.; PIC-TAYLOR, A.; KLACZKO, J. Effects of incubation temperature on development, morphology, and thermal physiology of the emerging Neotropical lizard model organism *Tropidurus torquatus*. **Scientific Reports**, 12, n. 1, p. 17153, 2022/10/13 2022.
- DEUTSCH, C. A.; TEWKSBURY, J. J.; HUEY, R. B.; SHELDON, K. S. *et al.* Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 105, n. 18, p. 6668-6672, 2008. 10.1073/pnas.0709472105.
- EITEN, G. Vegetação do Cerrado. *In*: PINTO, M. N. (Ed.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: UnB/Sematec: Brasília: UnB/Sematec, 1994. p. 9-65.
- FEDER, M. E.; HOFMANN, G. E. Heat-shock proteins, molecular chaperones, and the stress response: evolutionary and ecological physiology. **Annu Rev Physiol**, 61, p. 243-282, 1999.
- FROST, D. R.; RODRIGUES, M. T.; GRANT, T.; TITUS, T. A. Phylogenetics of the lizard genus *Tropidurus* (Squamata: Tropiduridae: Tropidurinae): direct optimization, descriptive efficiency, and sensitivity analysis of congruence between molecular data and morphology. **Mol Phylogenet Evol**, 21, n. 3, p. 352-371, Dec 2001.
- GARLAND, T.; HANKINS, E.; HUEY, R. B. Locomotor Capacity and Social Dominance in Male Lizards. **Functional Ecology**, 4, n. 2, p. 243-250, 1990.
- GASTWIRTH, J. L.; GEL, Y. R.; HUI, W. L. W.; LYUBCHICH, V. *et al.* Package 'lawstat'. **CRAN: Tools for Biostatistics, Public Policy, and Law**, 2017.
- GHALAMBOR, C. K.; MCKAY, J. K.; CARROLL, S. P.; REZNICK, D. N. Adaptive versus non-adaptive phenotypic plasticity and the potential for contemporary adaptation in new environments. **Functional Ecology**, 21, n. 3, p. 394-407, 2007/06/01 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01283.x>.
- GIBERT, P.; DEBAT, V.; GHALAMBOR, C. K. Phenotypic plasticity, global change, and the speed of adaptive evolution. **Current Opinion in Insect Science**, 35, p. 34-40, 2019/10/01/ 2019.
- GILBERT, A. L.; MILES, D. B. Food, temperature and endurance: effects of food deprivation on the thermal sensitivity of physiological performance. **Functional Ecology**, 30, n. 11, p. 1790-1799, 2016/11/01 2016. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12658>.
- GILBERT, A. L.; MILES, D. B. Natural selection on thermal preference, critical thermal maxima and locomotor performance. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 284, n. 1860, p. 20170536, 2017/08/16 2017.
- GÓMEZ ALÉS, R.; ACOSTA, J. C.; VALDEZ, F.; MARTÍNEZ, T. A. *et al.* Comparative thermal ecophysiology in *Pristidactylus scapulatus* populations from the Puna region of Argentina. **Zoology (Jena)**, 145, p. 125903, Apr 2021.
- GOMULKIEWICZ, R.; HOLT, R. D.; BARFIELD, M.; NUISMER, S. L. Genetics, adaptation, and invasion in harsh environments. **Evolutionary Applications**, 3, n. 2, p. 97-108, Mar 2010.

GRIGG, J. W.; BUCKLEY, L. B. Conservatism of lizard thermal tolerances and body temperatures across evolutionary history and geography. **Biology Letters**, 9, n. 2, p. 20121056, 2013/04/23 2013.

GUNDERSON, A. R.; STILLMAN, J. H. Plasticity in thermal tolerance has limited potential to buffer ectotherms from global warming. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 282, n. 1808, p. 20150401, 2015/06/07 2015.

HOFFMANN, A.; CHOWN, S.; CLUSELLA-TRULLAS, S. Upper thermal limits in terrestrial ectotherms: How constrained are they? **Functional Ecology**, 27, p. 934-949, 08/01 2013.

HOFFMANN, A. A.; SØRENSEN, J. G.; LOESCHCKE, V. Adaptation of *Drosophila* to temperature extremes: bringing together quantitative and molecular approaches. **Journal of Thermal Biology**, 28, n. 3, p. 175-216, 2003/04/01/ 2003.

HUEY, R. B., 1982, **Temperature , Physiology , and the Ecology of Reptiles.**

HUEY, R. B.; BENNETT, A. F. Phylogenetic studies of coadaptation: preferred temperatures versus optimal performance temperatures of lizards. **Evolution**, 41, n. 5, p. 1098-1115, Sep 1987.

HUEY, R. B.; BENNETT, A. F.; JOHN-ALDER, H.; NAGY, K. A. Locomotor capacity and foraging behaviour of kalahari lacertid lizards. **Animal Behaviour**, 32, n. 1, p. 41-50, 1984/02/01/ 1984.

HUEY, R. B.; DEUTSCH, C. A.; TEWKSBURY, J. J.; VITT, L. J. *et al.* Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, p. 1939-1948, 2009. 10.1098/rspb.2008.1957.

HUEY, R. B.; KEARNEY, M. R.; KROCKENBERGER, A.; HOLTUM, J. A. *et al.* Predicting organismal vulnerability to climate warming: roles of behaviour, physiology and adaptation. **Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci**, 367, n. 1596, p. 1665-1679, Jun 19 2012.

HUEY, R. B.; KINGSOLVER, J. G. Evolution of thermal sensitivity of ectotherm performance. **Trends Ecol Evol**, 4, n. 5, p. 131-135, May 1989.

HUEY, R. B.; SLATKIN, M. Cost and benefits of lizard thermoregulation. **Q Rev Biol**, 51, n. 3, p. 363-384, Sep 1976.

HUEY, R. B.; STEVENSON, R. D. Integrating thermal physiology and ecology of ectotherms: A discussion of approaches. **American Zoologist**, 19, n. 1, p. 357-366, 1979.

HUSAK, J. F.; FOX, S. F.; LOVERN, M. B.; BUSSCHE, R. A. V. D. Faster lizards sire more offspring: Sexual selection on whole-animal performance. **Evolution**, 60, n. 10, p. 2122-2130, 2006/10/01 2006.

IAT. Plano de Manejo de Proteção Integral - Parque Estadual do Guartelá. AMBIENTE, M. Web Site: Instituto Agua e Terra (IAT): 30 p. 2002a.

IAT. Plano de Manejo de Proteção Integral - Parque Estadual do Cerrado. AMBIENTE, M. Web Site: Instituto Agua e Terra (IAT) 2002b.

IPCC; TEAM, C. W.; LEE, H.; ROMERO, J. **IPCC: Climate Change 2023: Synthesis Report**. 2020.

IRSCHICK, D. J.; MEYERS, J. J. An analysis of the relative roles of plasticity and natural selection in the morphology and performance of a lizard (*Urosaurus ornatus*). **Oecologia**, 153, n. 2, p. 489-499, Aug 2007.

KASPARI, M.; CLAY, N. A.; LUCAS, J.; YANOVIK, S. P. *et al.* Thermal adaptation generates a diversity of thermal limits in a rainforest ant community. **Global Change Biology**, 21, n. 3, p. 1092-1102, 2015/03/01 2015. <https://doi.org/10.1111/gcb.12750>.

KAUFMANN, J. S.; BENNETT, A. F. The effect of temperature and thermal acclimation on locomotor performance in *Xantusia vigilis*, the desert night lizard. **Physiological Zoology**, 62, n. 5, p. 1047-1058, 1989.

KEARNEY, M.; SHINE, R.; PORTER, W. P. The potential for behavioral thermoregulation to buffer “cold-blooded” animals against climate warming. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 106, n. 10, p. 3835-3840, 2009/03/10 2009.

KIEFER, M.; VAN SLUYS, M.; ROCHA, C. Body temperatures of *Tropidurus torquatus* (Squamata, Tropiduridae) from coastal populations: do body temperatures vary along their geographic range? **Journal of Thermal Biology** 30, p. 449-456, 2005.

KINGSOLVER, Joel G. The well-temperated biologist. **The American Naturalist**, 174, n. 6, p. 755-768, 2009/12/01 2009.

KINGSOLVER, J. G.; HUEY, R. B. Evolutionary analyses of morphological and physiological plasticity in thermally variable environments. **Integrative and Comparative Biology**, 38, p. 545-560, 1998.

KINGSOLVER, J. G.; WOODS, H. A.; BUCKLEY, L. B.; POTTER, K. A. *et al.* Complex life cycles and the responses of insects to climate change. **Integrative and Comparative Biology**, 51, n. 5, p. 719-732, Nov 2011.

KOHLSDORF, T.; NAVAS, C. Ecological constraints on the association between field and preferred temperatures in Tropidurinae lizards. **Evolutionary Ecology**, 20, p. 549-564, 01/11 2006.

KOHLSDORF, T.; PAI-SILVA, M. D.; NAVAS, C. A.; JAMES, R. S. *et al.* Locomotor performance of closely related *Tropidurus* species: relationships with physiological parameters and ecological divergence. **Journal of Experimental Biology**, 207, n. 7, p. 1183-1192, 2004.

KUBISCH, E. L.; FERNÁNDEZ, J. B.; IBARGÜENGOYTÍA, N. R. Is locomotor performance optimised at preferred body temperature? A study of *Liolaemus pictus argentinus* from northern Patagonia, Argentina. **Journal of Thermal Biology**, 36, n. 6, p. 328-333, 2011/08/01/ 2011.

KUBISCH, E. L.; FERNÁNDEZ, J. B.; IBARGÜENGOYTÍA, N. R. Vulnerability to climate warming of *Liolaemus pictus* (Squamata, Liolaemidae), a lizard from the cold temperate climate in Patagonia, Argentina. **J Comp Physiol B**, 186, n. 2, p. 243-253, Feb 2016.

LANDE, R. The response to selection on major and minor mutations affecting a metrical trait. **Heredity**, 50, n. 1, p. 47-65, 1983/02/01 1983.

LANDE, R. Adaptation to an extraordinary environment by evolution of phenotypic plasticity and genetic assimilation. **Journal of Evolutionary Biology**, 22, n. 7, p. 1435-1446, Jul 2009.

LANDE, R.; ARNOLD, S. J. The measurement of selection on correlated characters. **Evolution**, 37, n. 6, p. 1210-1226, 1983.

LE GALLIARD, J. F.; CLOBERT, J.; FERRIÈRE, R. Physical performance and Darwinian fitness in lizards. **Nature**, 432, n. 7016, p. 502-505, Nov 25 2004.

LEVENE, H. Robust Tests for Equality of Variances. *In*: OLKIN, I. (Ed.). **Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling**. Palo Alto: Stanford University Press, 1960. p. 278-292.

LEVINS, R. **Evolution in Changing Environments**

Some Theoretical Explorations. (MPB-2). Princeton University Press, 1968. 9780691079592.

LIMA, S.; DILL, L. Behavioral Decisions Made under the Risk of Predation: A Review and Prospectus. **Canadian Journal of Zoology-revue Canadienne De Zoologie - CAN J ZOOL**, 68, p. 619-640, 04/01 1990.

LLEWELYN, J.; MACDONALD, S. L.; MORITZ, C.; MARTINS, F. *et al.* Adjusting to climate: Acclimation, adaptation and developmental plasticity in physiological traits of a tropical rainforest lizard. **Integr Zool**, 13, n. 4, p. 411-427, Jul 2018.

LOGAN, M. L.; COX, R. M.; CALSBEEK, R. Natural selection on thermal performance in a novel thermal environment. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 111, n. 39, p. 14165-14169, 2014/09/30 2014.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. J. Olympio, 1968.

MAIA-CARNEIRO, T.; NAVAS, C. A. Ecological constraints to match field and preferred temperatures in lizards *Tropidurus catalanensis* (Squamata; Tropiduridae). **Journal of Thermal Biology**, 98, p. 102903, 2021/05/01/ 2021.

MARIMON, B. S.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; MEWS, H. A.; JANCOSKI, H. S. *et al.* Florística dos campos de murundus do Pantanal do Araguaia, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 26, 2012.

MARIMON JUNIOR, B. H.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 19, 2005.

- MEDINA, M.; GUTIERREZ, J.; SCOLARO, A.; IBARGÜENGOYTÍA, N. Thermal responses to environmental constraints in two populations of the oviparous lizard *Liolaemus bibronii* in Patagonia, Argentina. **Journal of Thermal Biology**, 34, n. 1, p. 32-40, 2009/01/01/ 2009.
- MILES, D. The race goes to the swift: Fitness consequences of variation in sprint performance in juvenile lizards. **Evolutionary Ecology Research**, 6, p. 63-75, 01/01 2004.
- MILES, D. B.; CALSBEEK, R.; SINERVO, B. Corticosterone, locomotor performance, and metabolism in side-blotched lizards (*Uta stansburiana*). **Horm Behav**, 51, n. 4, p. 548-554, Apr 2007.
- MILLER, R. S. Fundamentos da Ecologia. **Oikos**, 5, n. 1, p. 134-136, 1954.
- MONTEJO-KOVACEVICH, G.; MARTIN, S. H.; MEIER, J. I.; BACQUET, C. N. *et al.* Microclimate buffering and thermal tolerance across elevations in a tropical butterfly. **Journal of Experimental Biology**, 223, n. 8, p. jeb220426, 2020.
- MURRISH, D. E.; VANCE, V. J. Physiological responses to temperature acclimation in the lizard *Uta mearnsi*. **Comparative Biochemistry and Physiology**, 27, n. 1, p. 329-337, 1968/10/01/ 1968.
- NADEAU, C. P.; URBAN, M. C.; BRIDLE, J. R. Climates past, present, and yet-to-come shape climate change vulnerabilities. **Trends in Ecology & Evolution**, 32, n. 10, p. 786-800, 2017/10/01/ 2017.
- NAVAS, C. A. Herpetological diversity along Andean elevational gradients: links with physiological ecology and evolutionary physiology. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, 133, n. 3, p. 469-485, 2002/11/01/ 2002.
- NICOTRA, A. B.; ATKIN, O. K.; BONSER, S. P.; DAVIDSON, A. M. *et al.* Plant phenotypic plasticity in a changing climate. **Trends Plant Sci**, 15, n. 12, p. 684-692, Dec 2010.
- PATTERSON, J. W.; DAVIES, P. M. C. Preferred body temperature: Seasonal and sexual differences in the lizard *Lacerta vivipara*. **Journal of Thermal Biology**, 3, n. 1, p. 39-41, 1978/03/01/ 1978.
- PEARSON, G. A.; LAGO-LESTON, A.; MOTA, C. Frayed at the edges: selective pressure and adaptive response to abiotic stressors are mismatched in low diversity edge populations. **Journal of Ecology**, 97, n. 3, p. 450-462, 2009/05/01 2009.
- PIE, M. R.; CAMPOS, L. L. F.; MEYER, A. L. S.; DURAN, A. The evolution of climatic niches in squamate reptiles. **Proc Biol Sci**, 284, n. 1858, Jul 12 2017.
- RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, 80, n. 3, p. 223-230, 1997.

REZENDE, E.; TEJEDO, M.; SANTOS, M. Estimating the adaptive potential of critical thermal limits: Methodological problems and evolutionary implications. **Functional Ecology**, 25, p. 111-121, 02/01 2011.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M. e ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: Ambiente e Flora**. Brasília: Embrapa, 1998a.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. *In*: **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1998b. p. 98-168.

ROBSON, M. A.; MILES, D. B. Locomotor performance and dominance in male Tree Lizards, *Urosaurus ornatus*. **Functional Ecology**, 14, n. 3, p. 338-344, 2000/06/01 2000.

RODRIGUES, M. T. Sistemática, ecologia e zoogeografia dos *Tropidurus* do grupo *Torquatus* ao sul do Rio Amazonas (Sauria, Iguanidae). **Arquivos de Zoologia, São Paulo**, 31, p. 105, 1987.

SEARS, M. W.; ANGILLET, M. J.; SCHULER, M. S.; BORCHERT, J. *et al.* Configuration of the thermal landscape determines thermoregulatory performance of ectotherms. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 113, n. 38, p. 10595-10600, 2016/09/20 2016.

SINCLAIR, B. J.; MARSHALL, K. E.; SEWELL, M. A.; LEVESQUE, D. L. *et al.* Can we predict ectotherm responses to climate change using thermal performance curves and body temperatures? **Ecology Letters**, 19, n. 11, p. 1372-1385, 2016/11/01 2016. <https://doi.org/10.1111/ele.12686>.

SINERVO, B.; MÉNDEZ-DE-LA-CRUZ, F.; MILES, D. B.; HEULIN, B. *et al.* Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. **Science**, 328, n. 5980, p. 894 - 899, 2010. 10.1126/science.1184695.

SOMERO, G. N. The physiology of climate change: how potentials for acclimatization and genetic adaptation will determine ‘winners’ and ‘losers’. **Journal of Experimental Biology**, 213, n. 6, p. 912-920, 2010.

SOMERO, G. N.; DAHLHOFF, E.; LIN, J. J. Stenotherms and eurytherms: mechanisms establishing thermal optima and tolerance ranges. *In*: JOHNSTON, I. A. e BENNETT, A. F. (Ed.). **Animals and Temperature: Phenotypic and Evolutionary Adaptation**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. p. 53-78. (Society for Experimental Biology Seminar Series).

SOMERO, G. N.; DEVRIES, A. L. Temperature tolerance of some Antarctic fishes. **Science**, 156, n. 3772, p. 257-258, Apr 14 1967.

STELLATELLI, O. A.; VEGA, L. E.; BLOCK, C.; ROCCA, C. *et al.* Latitudinal pattern of the thermal sensitivity of running speed in the endemic lizard *Liolaemus multimaculatus*. **Integr Zool**, 17, n. 4, p. 619-637, Jul 2022.

STROBBE, F.; MCPEEK, M. A.; DE BLOCK, M.; DE MEESTER, L. *et al.* Survival selection on escape performance and its underlying phenotypic traits: a case of many-to-one mapping. **J Evol Biol**, 22, n. 6, p. 1172-1182, Jun 2009.

SULTAN, S. E.; SPENCER, H. G. Metapopulation structure favors plasticity over local adaptation. **The American Naturalist**, 160, n. 2, p. 271-283, Aug 2002.

SUNDAY, J. M.; BATES, A. E.; KEARNEY, M. R.; COLWELL, R. K. *et al.* Thermal-safety margins and the necessity of thermoregulatory behavior across latitude and elevation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 111, n. 15, p. 5610-5615, 2014/04/15 2014.

TEAM, R. C. **R: A Language and Environment of Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing: 2019.

TERBLANCHE, J. S.; DEERE, J. A.; CLUSELLA-TRULLAS, S.; JANION, C. *et al.* Critical thermal limits depend on methodological context. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 274, n. 1628, p. 2935-2943, 2007/12/07 2007.

TRACY, C. R.; CHRISTIAN, K. A.; BETTS, G.; TRACY, C. R. Body temperature and resistance to evaporative water loss in tropical Australian frogs. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, 150, n. 2, p. 102-108, 2008/06/01/ 2008.

VALLADARES, F.; MATESANZ, S.; GUILHAUMON, F.; ARAÚJO, M. B. *et al.* The effects of phenotypic plasticity and local adaptation on forecasts of species range shifts under climate change. **Ecology Letters**, 17, n. 11, p. 1351-1364, 2014/11/01 2014.

VIA, S.; LANDE, R. Genotype-environment interaction and the evolution of phenotypic plasticity. **Evolution**, 39, n. 3, p. 505-522, 1985/05/01 1985. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1985.tb00391.x>.

VILLAVICENCIO, H. J.; ACOSTA, J. C.; MARINERO, J. A. *Pristidactylus scapulatus* (NCN) Body temperature. **Herpetol. Rev**, 37, p. 471, 2006.

WOOD, S. N. **Generalized Additive Models: An Introduction with R**. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017.

6. Conclusão Geral

Ao investigar a existência de plasticidade fenotípica em lagartos da família Tropiduridae, encontramos padrões de diversidade fisiológica e comportamentais que atuam permitindo a manutenção dessas populações. Ao estudar a espécie *T. itambere* de ambiente natural preservado e alterado, concluímos que esses lagartos, em escala local, possuem plasticidade fenotípica da temperatura ótima do desempenho locomotor (T_o), mas diminuíram a velocidade de corrida devido a temperaturas ambientais muito próximas das temperaturas subletais. Em situação natural, isto obrigará os lagartos a reduzirem o desempenho em temperaturas corporais muito altas, ou a selecionarem as

horas de forrageamento. A T_{pref} também mostrou plasticidade fenotípica, no entanto os lagartos reduziram as temperaturas preferenciais, o que faz com que esses lagartos fiquem reféns do comportamento termorregulador, devido ao constante aumento da temperatura ambiental, acarretando em possíveis prejuízos demográficos em um cenário de mudanças climáticas caso os lagartos não consigam temperaturas amenas para forrageamento. Não encontramos indícios de plasticidade térmica com relação aos limites térmicos máximos e mínimos, o que gera preocupação, pois com o aumento da temperatura ambiental, e os frequentes picos de altas temperaturas locais, os lagartos podem ter seus horários de forrageamento reduzidos, assim como o seu desempenho locomotor, se limitando a termorregulação comportamental até esta não ser suficiente para suavizar as perdas metabólicas.

Com relação à espécie *T. torquatus*, observamos que os lagartos de um ambiente urbano e de uma mata de galeria não apresentaram diferenças ecofisiológicas com relação aos parâmetros de descrição das curvas de desempenho locomotor (T_o , D_{max} , T_{B80} , B_{80}) e para as temperaturas críticas (CT_{max} e CT_{min}), variando apenas com relação ao T_{pref} . Tal tendência é uma evidência contundente da baixa plasticidade térmica da espécie, além do fato de que esse conservadorismo também foi demonstrado no experimento de aclimação, pois lagartos tanto do ambiente urbano, quanto da mata de galeria não alteraram as características ecofisiológicas dos parâmetros de descrição das curvas de desempenho locomotor (T_o , D_{max} , T_{B80} , B_{80}) e para as temperaturas críticas (CT_{max} e CT_{min}), aclimatando apenas a T_{pref} . Conjuntamente, nossos resultados indicam que os lagartos do ambiente urbano e da mata de galeria possuem pouca plasticidade térmica, que pode não ser suficiente para suportar as mudanças ocorrentes na temperatura ambiental.

Para verificar as possíveis variações das características ecofisiológicas do lagarto *T. itambere*, testamos duas populações e verificamos a variação ecofisiológica entre as populações. Observamos que os lagartos que vivem na margem mais austral de sua distribuição apresentam indícios mais acentuados de plasticidade térmica, o que pode estar relacionado com as diferentes condições ambientais enfrentadas por cada uma das populações. Vimos que os lagartos do Parque Estadual do Guartelá (PeG) apresentaram uma maior variação na faixa de T_{pref} assim como maior amplitude térmica. Esta população também apresentou maiores taxas de glicose, o que indica um maior gasto energético da população devido a experimentação diária de altas temperaturas corporais.

No entanto, após o período de aclimação, os lagartos do Parque Estadual do Cerrado (PeC) aumentaram sua amplitude de T_{pref} , mas preferiram temperaturas mais frias, PeG reduziu a amplitude de T_{pref} e preferiu temperaturas mais quentes. As taxas de glicose não variaram significativamente, mas apresentaram um grande aumento. Mesmo com esses indícios de que as populações sejam plásticas com relação a temperatura, faz-se necessário estudos mais abrangentes com relação a fisiologia dos lagartos que vivem às margens de sua distribuição, para investigar melhor como essas populações se comportam devido às diferenças térmicas locais. e como serão afetadas pelo aumento da temperatura ambiental.

Por fim, testamos as variações ecofisiológicas de três populações do lagarto *T. itambere* vivendo nas margens de sua distribuição. Os lagartos vivem em regimes térmicos diários diferentes, devido às suas localizações geográficas, sendo que uma população se encontra no ecótono Cerrado-Amazônia (Cr), e as outras no ecótono Cerrado-Mata Atlântica. Descobrimos que as populações são diferentes com relação ao desempenho locomotor, onde vimos que duas das populações no ecótono Cerrado-Mata Atlântica possuem o desempenho máximo de corrida menor em relação a população no ecótono Cerrado-Amazônia. Observamos que PeG apresentou menores valores de CT_{min} o que era esperado, pois esse ambiente possui menores temperaturas mínimas ambientais. Após submeter os lagartos a um período de aclimação a temperaturas mais quentes, vimos que apenas a população de PeC apresentou plasticidade térmica com relação a Ct_{max} . Imaginamos que as demais (PeG e Cr) estão com os limites térmicos muito próximos das temperaturas corporais letais, já que PeC é a população que tem a menor temperatura máxima ambiental (24 °C). Não encontramos ajustes térmicos para as características ligadas ao desempenho locomotor, e os lagartos mostraram ajuste na velocidade de corrida, onde PeC apresentou um pequeno aumento no desempenho de corrida a 80% (B80) após o período de aclimação. Em contrapartida, todas as populações diminuíram o desempenho máximo de corrida. Tal fenômeno sugere que as populações de Cr e PeG estejam mais vulneráveis ao aumento iminente da temperatura ambiental, e a termorregulação comportamental é a responsável por amortecer os impactos mais severos do aumento da temperatura que não são ajustados fisiologicamente.

7. Bibliografia Geral

ABAD, J. C. S.; MARIMON, B. S. Caracterização e diagnóstico ambiental do Parque Municipal do Bacaba (Nova Xavantina, MT). *In: Gestão e educação ambiental: água, biodiversidade e cultura*. São Carlos: RIMA, 2008. p. 23-53.

ABDELGHFFAR, E. A. R.; AG, A. L.; MALIK, S.; KHALPHALLAH, A. *et al.* Changes in clinicomorphometrical findings, lipid profiles, hepatorenal indices and oxidant/antioxidant status as thermoregulatory adaptive mechanisms in poikilothermic Dabb lizard (*Uromastyx aegyptia*). **Scientific Reports**, 13, n. 1, p. 3409, Feb 28 2023.

ACKERLY, D. Community assembly, niche conservatism, and adaptive evolution in changing environments. **Revista Internacional de Ciências Vegetais**, 164(3 Suppl), p. S165-S184, 2003.

ADOLPH, S. C. Influence of Behavioral Thermoregulation on Microhabitat Use by Two Sceloporus Lizards. **Ecology**, 71, n. 1, p. 315-327, 1990.

ADOLPH, S. C.; PORTER, W. P. Temperature, activity, and lizard life histories. **The American Naturalist**, 142, n. 2, p. 273-295, Aug 1993.

ALVARES, A., Clayton; STAPE, J.; SENTELHAS, P.; GONÇALVES, J. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22, 12/01 2013.

ALVES, R. J. V.; KOLBEK, J. Can campo rupestre vegetation be floristically delimited based on vascular plant genera? **Plant Ecology**, 207, n. 1, p. 67-79, 2010/03/01 2010.

ANGILLETTA, J., M. J. **Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis**. Oxford: Oxford University Press, 2009. 1-302 p.

ANGILLETTA, J., Michael J. Estimating and comparing thermal performance curves. **Journal of Thermal Biology**, 31, n. 7, p. 541-545, 2006/10/01/ 2006.

ANGILLETTA, J., Michael J. Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis. **Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis**, p. 1-302, 01/01 2009.

ANGILLETTA, J., Michael; NIEWIAROWSKI, P. H.; NAVAS, C. A. The evolution of thermal physiology in ectotherms. **Journal of Thermal Biology**, 27, n. 4, p. 249-268, 2002/08/01/ 2002.

ANGILLETTA, M. J., Jr.; WILSON, R. S.; NIEHAUS, A. C.; SEARS, M. W. *et al.* Urban physiology: city ants possess high heat tolerance. **PLOS ONE**, 2, n. 2, p. e258, 2007.

ANGILLETTA, M. J.; WILSON, R. S.; NAVAS, C. A.; JAMES, R. S. Tradeoffs and the evolution of thermal reaction norms. **Trends in Ecology & Evolution**, 18, n. 5, p. 234-240, 2003/05/01/ 2003.

ARANDA, R.; GRACIOLLI, G. Spatial–temporal distribution of the Hymenoptera in the Brazilian Savanna and the effects of habitat heterogeneity on these patterns. **Journal of Insect Conservation**, 2015.

ARAÚJO, M. B.; FERRI-YÁÑEZ, F.; BOZINOVIC, F.; MARQUET, P. A. *et al.* Heat freezes niche evolution. **Ecol Lett**, 16, n. 9, p. 1206-1219, Sep 2013.

ARTACHO, P.; SARAIVA, J.; PERRET, S.; BARTHELD, J. L. *et al.* Geographic variation and acclimation effects on thermoregulation behavior in the widespread lizard *Liolaemus pictus*. **J Therm Biol**, 63, p. 78-87, Jan 2017.

ASPINALL, R. An inductive modelling procedure based on Bayes' theorem for analysis of pattern in spatial data. **International journal of geographical information systems**, 6, n. 2, p. 105-121, 1992/03/01 1992.

VERY, R. A. Field studies of body temperatures and thermoregulation. *In*: GANS, C. e POUGH, F. H. (Ed.). **Physiology C. Physiological Ecology**. New York: Academic Press, 1982. p. 167-211.

BANTA, J. A.; EHRENREICH, I. M.; GERARD, S.; CHOU, L. *et al.* Climate envelope modelling reveals intraspecific relationships among flowering phenology, niche breadth and potential range size in *Arabidopsis thaliana*. **Ecology Letters**, 15, n. 8, p. 769-777, 2012/08/01 2012.

BATTLES, A. C.; KOLBE, J. J. Miami heat: Urban heat islands influence the thermal suitability of habitats for ectotherms. **Global Change Biology**, 25, n. 2, p. 562-576, 2019/02/01 2019. <https://doi.org/10.1111/gcb.14509>.

BAUWENS, D.; GARLAND, T., Jr.; CASTILLA, A. M.; VAN DAMME, R. Evolution of sprint speed in lacertid lizards: Morphological, physiological, and behavioral covariation. **Evolution**, 49, n. 5, p. 848-863, Oct 1995.

BAUWENS, D.; HERTZ, P. E.; CASTILLA, A. M. Thermoregulation in a lacertid lizard: the relative contributions of distinct behavioral mechanisms. **Ecology**, 77, n. 6, p. 1818-1830, 1996.

BELL, J. E.; BROWN, C. L.; CONLON, K.; HERRING, S. *et al.* Changes in extreme events and the potential impacts on human health. **J Air Waste Manag Assoc**, 68, n. 4, p. 265-287, Apr 2018.

BENDER, E. A.; CASE, T. J.; GILPIN, M. E. Perturbation experiments in community ecology: Theory and practice. **Ecology**, 65, n. 1, p. 1-13, 1984.

BERGALLO, H. d.; ROCHA, C. Activity patterns and body temperatures of two sympatric lizards (*Tropidurus torquatus* and *Cnemidophorus ocellifer*) with different foraging tactics in southeastern Brazil. **Amphibia-Reptilia**, 14, p. 312-315, 1993.

BERRIOZABAL-ISLAS, C.; RODRIGUES, J. F., Mota; RAMÍREZ-BAUTISTA, A.; BECERRA-LÓPEZ, J. *et al.* Effect of climate change in lizards of the genus *Xenosaurus*

(Xenosauridae) based on projected changes in climatic suitability and climatic niche conservatism. **Ecologia e Evolução**, 8, p. 1-12, 2018.

BLOUIN-DEMERS, G.; NADEAU, P. The cost-benefit model of thermoregulation does not predict lizard thermoregulatory behavior. **Ecology**, 86, n. 3, p. 560-566, 2005.

BOGERT, C. M. Thermoregulation in reptiles, a factor in evolution. **Evolution**, 3, n. 3, p. 195-211, 1949/09/01 1949. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1949.tb00021.x>.

BONINO, M. F.; AZÓCAR, D. L.; TULLI, M. J.; ABDALA, C. S. *et al.* Running in cold weather: morphology, thermal biology, and performance in the southernmost lizard clade in the world (*Liolaemus lineomaculatus* section: Liolaemini: Iguania). **J Exp Zool A Ecol Genet Physiol**, 315, n. 8, p. 495-503, Oct 1 2011.

BONINO, M. F.; MORENO AZÓCAR, D. L.; SCHULTE, J. A.; ABDALA, C. S. *et al.* Thermal sensitivity of cold climate lizards and the importance of distributional ranges. **Zoology**, 118, n. 4, p. 281-290, 2015/08/01/ 2015.

BRANS, K. I.; JANSEN, M.; VANOVERBEKE, J.; TÜZÜN, N. *et al.* The heat is on: Genetic adaptation to urbanization mediated by thermal tolerance and body size. **Glob Chang Biol**, 23, n. 12, p. 5218-5227, Dec 2017.

BROWN, R. P. Thermal biology of the gecko *Tarentola boettgeri*: Comparisons among populations from different elevations within Gran Canaria. **Herpetologica**, 52, n. 3, p. 396-405, 1996.

BUCKLEY, L. B.; HURLBERT, A. H.; JETZ, W. Broad-scale ecological implications of ectothermy and endothermy in changing environments. **Global Ecology and Biogeography**, 21, n. 9, p. 873-885, 2012/09/01 2012.

BURRACO, P.; ORIZAOLA, G.; MONAGHAN, P.; METCALFE, N. B. Climate change and ageing in ectotherms. **Global Change Biology**, 26, n. 10, p. 5371-5381, 2020/10/01 2020.

BYERS, J.; HEBETS, E.; PODOS, J. Female choice based upon male motor performance. **Animal Behaviour**, 79, p. 771-778, 04/01 2010.

CADBY, C. D.; JONES, S. M.; WAPSTRA, E. Geographical differences in maternal basking behaviour and offspring growth rate in a climatically widespread viviparous reptile. **J Exp Biol**, 217, n. Pt 7, p. 1175-1179, Apr 1 2014.

CAETANO, G. H. **Transform_rasters: transform environmental rasters in ecophysiological rasters**. rdrv.io, 2018.

CALSBEEK, R.; COX, R. M. Experimentally assessing the relative importance of predation and competition as agents of selection. **Nature**, 465, n. 7298, p. 613-616, 2010/06/01 2010.

CAMPBELL-STATON, S. C.; WINCHELL, K. M.; ROCHETTE, N. C.; FREDETTE, J. *et al.* Parallel selection on thermal physiology facilitates repeated adaptation of city

lizards to urban heat islands. **Nature Ecology & Evolution**, 4, n. 4, p. 652-658, 2020/04/01 2020.

CAMPBELL, T. W. Clinical pathology. *In*: DR, M. (Ed.). **Reptile medicine and surgery**. Philadelphia: W.B. Saunders, 1996. p. 248-257.

CANALE, C.; HENRY, P.-Y. Adaptive phenotypic plasticity and resilience of vertebrates to increasing climatic unpredictability. **Climate Research**, 43, p. 135-147, 08/05 2010.

CANDOLLE, A. d. **Géographie botanique raisonnée; ou, Exposition des faits principaux et des lois concernant la distribution géographique des plantes de l'époque actuelle**. Paris: V. Masson; [etc., etc.], 1855.

CASTILLA, A. M.; VAN DAMME, R.; BAUWENS, D. Field body temperatures, mechanisms of thermoregulation and evolution of thermal characteristics in lacertid lizards. **Natura Croatica**, 8, p. 253-274, 09/30 1999.

CEIA-HASSE, A.; SINERVO, B.; VICENTE, L.; PEREIRA, H. M. Integrating ecophysiological models into species distribution projections of European reptile range shifts in response to climate change. **Ecography**, 37, n. 7, p. 679-688, 2014/07/01 2014.

CHARMANTIER, A.; MCCLEERY, R. H.; COLE, L. R.; PERRINS, C. *et al.* Adaptive phenotypic plasticity in response to climate change in a wild bird population. **Science**, 320, n. 5877, p. 800-803, 2008/05/09 2008.

CHEVIN, L.-M.; COLLINS, S.; LEFÈVRE, F. Phenotypic plasticity and evolutionary demographic responses to climate change: taking theory out to the field. **Functional Ecology**, 27, n. 4, p. 967-979, 2013/08/01 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2012.02043.x>.

CHICK, L. D.; STRICKLER, S. A.; PEREZ, A.; MARTIN, R. A. *et al.* Urban heat islands advance the timing of reproduction in a social insect. **Journal of Thermal Biology**, 80, p. 119-125, 2019/02/01/ 2019.

CLAUNCH, N. M.; FRAZIER, J. A.; ESCALLÓN, C.; VERNASCO, B. J. *et al.* Physiological and behavioral effects of exogenous corticosterone in a free-ranging ectotherm. **General and Comparative Endocrinology**, 248, p. 87-96, Jul 1 2017.

CLUSELLA-TRULLAS, S.; CHOWN, S. L. Lizard thermal trait variation at multiple scales: a review. **J Comp Physiol B**, 184, n. 1, p. 5-21, Jan 2014.

COLWELL, R. K.; BREHM, G.; CARDELÚS, C. L.; GILMAN, A. C. *et al.* Global warming, elevational range shifts, and lowland biotic attrition in the wet tropics. **Science**, 322, n. 5899, p. 258 - 261, 2008. 10.1126/science.1162547.

COSTA, M. H.; PIRES, G. F. Effects of Amazon and Central Brazil deforestation scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation. **International Journal of Climatology**, 30, n. 13, p. 1970-1979, 2010/11/15 2010. <https://doi.org/10.1002/joc.2048>.

CROWLEY, S. R. Thermal sensitivity of sprint-running in the lizard *Sceloporus undulatus*: support for a conservative view of thermal physiology. **Oecologia**, 66, n. 2, p. 219-225, May 1985.

CROZIER, L.; SCHEUERELL, M.; ZABEL, R. Using time series analysis to characterize evolutionary and plastic responses to environmental change: A case study of a shift toward earlier migration date in sockeye salmon. **The American naturalist**, 178, p. 755-773, 12/01 2011.

CRUZ, F. Natural history of *Tropidurus spinulosus* (Squamata: Tropiduridae), from the dry chaco of Salta, Argentina. **Revista Herpetológica**, 8, p. 107-110, 1998.

CRUZ, F. B.; FITZGERALD, L. A.; ESPINOZA, R. E.; SCHULTE II, J. A. The importance of phylogenetic scale in tests of Bergmann's and Rapoport's rules: lessons from a clade of South American lizards. **Journal of Evolutionary Biology**, 18, n. 6, p. 1559-1574, 2005/11/01 2005.

DE-LIMA, A. K. S.; DE OLIVEIRA, C. H.; PIC-TAYLOR, A.; KLACZKO, J. Effects of incubation temperature on development, morphology, and thermal physiology of the emerging Neotropical lizard model organism *Tropidurus torquatus*. **Scientific Reports**, 12, n. 1, p. 17153, 2022/10/13 2022.

DE SOUZA TERRA, J.; ORTEGA, Z.; FERREIRA, V. L. Thermal ecology and microhabitat use of an arboreal lizard in two different Pantanal wetland phytophysionomies (Brazil). **Journal Thermal Biology**, 75, p. 81-87, Jul 2018.

DEUTSCH, C. A.; TEWKSBURY, J. J.; HUEY, R. B.; SHELDON, K. S. *et al.* Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 105, n. 18, p. 6668-6672, 2008. 10.1073/pnas.0709472105.

DIAMOND, S. E.; CHICK, L.; PEREZ, A.; STRICKLER, S. A. *et al.* Rapid evolution of ant thermal tolerance across an urban-rural temperature cline. **Biological Journal of the Linnean Society**, 121, n. 2, p. 248-257, 2017.

DIAMOND, S. E.; CHICK, L. D.; PEREZ, A.; STRICKLER, S. A. *et al.* Evolution of thermal tolerance and its fitness consequences: parallel and non-parallel responses to urban heat islands across three cities. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 285, n. 1882, p. 20180036, 2018/07/04 2018.

DÍAZ, J. A. Ecological correlates of the thermal quality of an ectotherm's habitat: a comparison between two temperate lizard populations. **Functional Ecology**, 11, n. 1, p. 79-89, 1997/02/01 1997. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1997.00058.x>.

DIELE-VIEGAS, L.; ROCHA, C. Unraveling the influences of climate change in Lepidosauria (Reptilia). **Journal of Thermal Biology**, 78, p. 401-414, 2018.

DIFFENBAUGH, N. S.; FIELD, C. B. Changes in ecologically critical terrestrial climate conditions. **Science**, 341, n. 6145, p. 486-492, 2013/08/02 2013.

DILLON, M. E.; WANG, G.; HUEY, R. B. Global metabolic impacts of recent climate warming. **Nature**, 467, p. 704 - 706, 10/06/online 2010.

DIRNBÖCK, T.; ESSL, F.; RABITSCH, W. Disproportional risk for habitat loss of high-altitude endemic species under climate change. **Global Change Biology**, 17, n. 2, p. 990-996, 2011/02/01 2011.

DU, W.-G.; ELPHICK, M.; SHINE, R. Thermal regimes during incubation do not affect mean selected temperatures of hatchling lizards (*Bassiana duperreyi*, Scincidae). **Journal of Thermal Biology**, 35, n. 1, p. 47-51, 2010/01/01/ 2010.

DUARTE, H.; TEJEDO, M.; KATZENBERGER, M.; MARANGONI, F. *et al.* Can amphibians take the heat? Vulnerability to climate warming in subtropical and temperate larval amphibian communities. **Global Change Biology**, 18, n. 2, p. 412-421, 2012/02/01 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02518.x>.

DUNHAM, A. E.; OVERALL, K. L. Population responses to environmental change: physiologically structured models, operative environments, and population dynamics. *In*: P. M. KAREIVA, J. G. e HUEY, K. R. B. (Ed.). **Biotic Interactions and Global Change**. Sunderland, MA: Sinauer Associates: Oxford University Press, 1993. v. 34, p. 382-396.

DUPOUÉ, A.; BRISCHOUX, F.; LOURDAIS, O.; ANGELIER, F. Influence of temperature on the corticosterone stress-response: an experiment in the Children's python (*Antaresia childreni*). **General and Comparative Endocrinology**, 193, p. 178-184, Nov 1 2013.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. *In*: PINTO, M. N. (Ed.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: UnB/Sematec: Brasília: UnB/Sematec, 1994. p. 9-65.

EL-BANNA, A.; AL-JOHANY, A. Effect of cold and hot temperature on behavioral and selected physiological measures of *Uromastyx aegyptius* (Agamidae). **Sultan Qaboos University Journal for Science [SQUJS]**, 8, 06/01 2003.

ELLER, F.; SKÁLOVÁ, H.; CAPLAN, J. S.; BHATTARAI, G. P. *et al.* Cosmopolitan species as models for ecophysiological responses to global change: the common reed *Phragmites australis*. **Frontiers in Plant Science**, 8, p. 1833, 2017. 10.3389/fpls.2017.01833.

ETTERSON, J. R.; SHAW, R. G. Constraint to adaptive evolution in response to global warming. **Science**, 294, n. 5540, p. 151-154, Oct 5 2001.

FEDER, M. E.; HOFMANN, G. E. Heat-shock proteins, molecular chaperones, and the stress response: evolutionary and ecological physiology. **Annu Rev Physiol**, 61, p. 243-282, 1999.

FRANÇOSO, R. D.; BRANDÃO, R.; NOGUEIRA, C. C.; SALMONA, Y. B. *et al.* Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. **Natureza & Conservação**, 13, n. 1, p. 35-40, 2015/01/01/ 2015.

FRAZIER, M. R.; HUEY, R. B.; BERRIGAN, D. Thermodynamics constrains the evolution of insect population growth rates: "Warmer is better". **American Society of Naturalists**, 168, n. 4, p. 512-520, Oct 2006.

FRIENDLY, M.; SIGAL, M. Visualizing tests for equality of covariance matrices. **The American Statistician**, 74, n. 2, p. 144-155, 2020/04/02 2018.

FROST, D. R.; RODRIGUES, M. T.; GRANT, T.; TITUS, T. A. Phylogenetics of the lizard genus *Tropidurus* (Squamata: Tropiduridae: Tropidurinae): direct optimization, descriptive efficiency, and sensitivity analysis of congruence between molecular data and morphology. **Mol Phylogenet Evol**, 21, n. 3, p. 352-371, Dec 2001.

FRYE, F. L. **Biomedical and Surgical Aspects of Captive Reptile Husbandry**. Krieger Publishing Company, 1991. (Biomedical and Surgical Aspects of Captive Reptile Husbandry. 9780894643101.

GANGLOFF, E. J.; HOLDEN, K. G.; TELEMECO, R. S.; BAUMGARD, L. H. *et al.* Hormonal and metabolic responses to upper temperature extremes in divergent life-history ecotypes of a garter snake. **Journal of Experimental Biology**, 219, n. 18, p. 2944-2954, 2016.

GARLAND, J. T.; DICKERMAN, A. W.; JANIS, C. M.; JONES, J. A. Phylogenetic analysis of covariance by computer simulation. **Systematic Biology**, 42, n. 3, p. 265-292, 1993.

GARLAND, T.; HANKINS, E.; HUEY, R. B. Locomotor Capacity and Social Dominance in Male Lizards. **Functional Ecology**, 4, n. 2, p. 243-250, 1990.

GASTWIRTH, J. L.; GEL, Y. R.; HUI, W. L. W.; LYUBCHICH, V. *et al.* Package 'lawstat'. **CRAN: Tools for Biostatistics, Public Policy, and Law**, 2017.

GHALAMBOR, C. K.; MCKAY, J. K.; CARROLL, S. P.; REZNICK, D. N. Adaptive versus non-adaptive phenotypic plasticity and the potential for contemporary adaptation in new environments. **Functional Ecology**, 21, n. 3, p. 394-407, 2007/06/01 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01283.x>.

GIBERT, P.; DEBAT, V.; GHALAMBOR, C. K. Phenotypic plasticity, global change, and the speed of adaptive evolution. **Current Opinion in Insect Science**, 35, p. 34-40, 2019/10/01/ 2019.

GIENAPP, P.; TEPLITSKY, C.; ALHO, J. S.; MILLS, J. A. *et al.* Climate change and evolution: Disentangling environmental and genetic responses. **Molecular Ecology**, 17, n. 1, p. 167-178, Jan 2008.

GILBERT, A. L.; LATTANZIO, M. S. Ontogenetic variation in the thermal biology of yarrow's spiny lizard, *Sceloporus jarrovii*. **PLOS ONE**, 11, n. 2, p. e0146904, 2016.

GILBERT, A. L.; MILES, D. B. Food, temperature and endurance: effects of food deprivation on the thermal sensitivity of physiological performance. **Functional Ecology**, 30, n. 11, p. 1790-1799, 2016/11/01 2016. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12658>.

GILBERT, A. L.; MILES, D. B. Natural selection on thermal preference, critical thermal maxima and locomotor performance. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 284, n. 1860, p. 20170536, 2017/08/16 2017.

GLANVILLE, E. J.; SEEBACHER, F. Compensation for environmental change by complementary shifts of thermal sensitivity and thermoregulatory behaviour in an ectotherm. **Journal of Experimental Biology**, 209, n. 24, p. 4869-4877, 2006.

GÓMEZ ALÉS, R.; ACOSTA, J. C.; VALDEZ, F.; MARTÍNEZ, T. A. *et al.* Comparative thermal ecophysiology in *Pristidactylus scapulatus* populations from the Puna region of Argentina. **Zoology (Jena)**, 145, p. 125903, Apr 2021.

GOMULKIEWICZ, R.; HOLT, R. D.; BARFIELD, M.; NUISMER, S. L. Genetics, adaptation, and invasion in harsh environments. **Evolutionary Applications**, 3, n. 2, p. 97-108, Mar 2010.

GRANT, P. R.; GRANT, B. R.; HUEY, R. B.; JOHNSON, M. T. J. *et al.* Evolution caused by extreme events. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, 372, n. 1723, p. 20160146, 2017/06/19 2017.

GREENBERG, N.; WINGFIELD, J. C. Stress and reproduction: Reciprocal relationship. *In*: NORRIS, D. O. e JONES, R. E. (Ed.). **Hormones And Reproduction In Fishes, Amphibians, And Reptiles**. Springer.: Springer., 1987. p. 461 - 503.

GRIGG, J. W.; BUCKLEY, L. B. Conservatism of lizard thermal tolerances and body temperatures across evolutionary history and geography. **Biology Letters**, 9, n. 2, p. 20121056, 2013/04/23 2013.

GUILLETTE, L. J., Cree, A.; ROONEY, A. A. Biology of stress: interactions with reproduction, immunology and intermediary metabolism. *In*: C. WARWICK, F. L. F., & J. B. Murphy (Ed.). **Health And Welfare Of Captive Reptiles**: Springer, 1995. p. 32 - 81.

GUNDERSON, A. R.; LEAL, M. Geographic variation in vulnerability to climate warming in a tropical Caribbean lizard. **Functional Ecology**, 26, n. 4, p. 783-793, 2012/08/01 2012.

GUNDERSON, A. R.; STILLMAN, J. H. Plasticity in thermal tolerance has limited potential to buffer ectotherms from global warming. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 282, n. 1808, p. 20150401, 2015/06/07 2015.

GVOŽDÍK, L. To heat or to save time? Thermoregulation in the lizard *Zootoca vivipara* (Squamata: Lacertidae) in different thermal environments along an altitudinal gradient. **Canadian Journal of Zoology**, 80, n. 3, p. 479-492, 2002/03/01 2002.

HALL, J. M.; MIRACLE, J.; SCRUGGS, C. D.; WARNER, D. A. Natural nest substrates influence squamate embryo physiology but have little effect on hatchling phenotypes. **Integr Zool**, 17, n. 4, p. 550-566, Jul 2022.

- HALL, J. M.; WARNER, D. A. Thermal spikes from the urban heat island increase mortality and alter physiology of lizard embryos. **Journal of Experimental Biology**, 221, n. 14, p. jeb181552, 2018.
- HAMBLIN, A. L.; YOUNGSTEADT, E.; FRANK, S. D. Wild bee abundance declines with urban warming, regardless of floral density. **Urban Ecosystems**, 21, n. 3, p. 419-428, 2018/06/01 2018.
- HANSEN, J.; SATO, M.; RUEDY, R. Perception of climate change. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 109, n. 37, p. E2415-E2423, 2012/09/11 2012.
- HATANO, F. H.; VRCIBRADIC, D.; GALDINO, C. A.; CUNHA-BARROS, M. *et al.* Thermal ecology and activity patterns of the lizard community of the Restinga of Jurubatiba, Macaé, RJ. **Braz J Biol**, 61, n. 2, p. 287-294, May 2001a.
- HATANO, F. H.; VRCIBRADIC, D.; GALDINO, C. A. B.; CUNHA-BARROS, M. *et al.* Thermal ecology and activity patterns of the lizard community of the Restinga of Jurubatiba, Macaé, RJ. **Revista Brasileira de Biologia**, 61, p. 287-294, 2001b.
- HEIKKINEN, R. K.; LUOTO, M.; ARAÚJO, M. B.; VIRKKALA, R. *et al.* Methods and uncertainties in bioclimatic envelope modelling under climate change. **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**, 30, n. 6, p. 751-777, 2006/12/01 2006.
- HENDRY, A. P.; FARRUGIA, T. J.; KINNISON, M. T. Human influences on rates of phenotypic change in wild animal populations. **Mol Ecol**, 17, n. 1, p. 20-29, Jan 2008.
- HERMAN, J. P.; MCKLVEEN, J. M.; GHOSAL, S.; KOPP, B. *et al.* Regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenocortical stress response. **Compr Physiol**, 6, n. 2, p. 603-621, Mar 15 2016.
- HERRANDO-PÉREZ, S.; FERRI YÁÑEZ, F.; MONASTERIO, C.; BEUKEMA, W. *et al.* Intraspecific variation in lizard heat tolerance alters estimates of climate impact. **Journal of Animal Ecology**, 88, p. 247-257, 2019.
- HILL, R. W. Thermal Relations. *In*: HILL, R. W. e ANDERSON, M. (Ed.). **Animal Physiology**. Sunderland, Massachusetts: CopyrightG, 2012.
- HOCHACHKA, P., .; SOMERO, G. N. **Bio-Chemical Adaptation: Mechanism and Process in Physiological Evolution**. 2002.
- HOEGH-GULDBERG, O.; D. JACOB; M. TAYLOR; M. BINDI *et al.* **Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems**. Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, NY, USA., p. 175-312. 2018.
- HOFFMANN, A.; CHOWN, S.; CLUSELLA-TRULLAS, S. Upper thermal limits in terrestrial ectotherms: How constrained are they? **Functional Ecology**, 27, p. 934-949, 08/01 2013.
- HOFFMANN, A.; SGRO, C. Climate change and evolutionary adaptation. **Nature**, 470, p. 479-485, 2011.

HOFFMANN, A. A.; SØRENSEN, J. G.; LOESCHCKE, V. Adaptation of *Drosophila* to temperature extremes: bringing together quantitative and molecular approaches. **Journal of Thermal Biology**, 28, n. 3, p. 175-216, 2003/04/01/ 2003.

HOFMANN, G. E.; SOMERO, G. N. Interspecific variation in thermal denaturation of proteins in the congeneric mussels *Mytilus trossulus* and *M. galloprovincialis*: evidence from the heat-shock response and protein ubiquitination. **Marine Biology**, 126, n. 1, p. 65-75, 1996/03/01 1996.

HOFMANN, G. S.; CARDOSO, M. F.; ALVES, R. J. V.; WEBER, E. J. *et al.* The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier. **Global Change Biology**, 27, n. 17, p. 4060-4073, 2021/09/01 2021. <https://doi.org/10.1111/gcb.15712>.

HOLLELEY, C. E.; O'MEALLY, D.; SARRE, S. D.; MARSHALL GRAVES, J. A. *et al.* Sex reversal triggers the rapid transition from genetic to temperature-dependent sex. **Nature**, 523, n. 7558, p. 79-82, 2015/07/01 2015.

HUEY, R.; R PIANKA, E. Temporal separation of activity and interspecific dietary overlap (with an Appendix by S. L. Pimm). *In: Ecologia de Lagarto: Estudos de um Organismo Modelo*: Harvard University Press, 1983. p. 281-296.

HUEY, R. B., 1982, **Temperature , Physiology , and the Ecology of Reptiles**.

HUEY, R. B.; BENNETT, A. F. Phylogenetic studies of coadaptation: preferred temperatures versus optimal performance temperatures of lizards. **Evolution**, 41, n. 5, p. 1098-1115, Sep 1987.

HUEY, R. B.; BENNETT, A. F.; JOHN-ALDER, H.; NAGY, K. A. Locomotor capacity and foraging behaviour of kalahari lacertid lizards. **Animal Behaviour**, 32, n. 1, p. 41-50, 1984/02/01/ 1984.

HUEY, R. B.; DEUTSCH, C. A.; TEWKSbury, J. J.; VITT, L. J. *et al.* Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, p. 1939-1948, 2009. 10.1098/rspb.2008.1957.

HUEY, R. B.; HERTZ, P. E.; SINERVO, B. Behavioral drive versus behavioral inertia in evolution: a null model approach. **The American Naturalist**, 161, n. 3, p. 357-366, Mar 2003.

HUEY, R. B.; KEARNEY, M. R.; KROCKENBERGER, A.; HOLTUM, J. A. *et al.* Predicting organismal vulnerability to climate warming: roles of behaviour, physiology and adaptation. **Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci**, 367, n. 1596, p. 1665-1679, Jun 19 2012.

HUEY, R. B.; KINGSOLVER, J. G. Evolution of thermal sensitivity of ectotherm performance. **Trends Ecol Evol**, 4, n. 5, p. 131-135, May 1989.

HUEY, R. B.; LOSOS, J. B.; MORITZ, C. Are lizards toast? **Science**, 328, n. 5980, p. 832-833, 2010/05/14 2010.

HUEY, R. B.; SLATKIN, M. Cost and benefits of lizard thermoregulation. **Q Rev Biol**, 51, n. 3, p. 363-384, Sep 1976.

HUEY, R. B.; STEVENSON, R. D. Integrating thermal physiology and ecology of ectotherms: A discussion of approaches. **American Zoologist**, 19, n. 1, p. 357-366, 1979.

HUMBOLDT, A. v.; BONPLAND, A. **Essai sur la géographie des plantes : accompagné d'un tableau physique des régions équinoxiales, fondé sur des mesures exécutées, depuis le dixième degré de latitude boréale jusqu'au dixième degré de latitude australe, pendant les années 1799, 1800, 1801, 1802 et 1803.** A Paris: Chez Levrault, Schoell et compagnie, libraires, 1805.

HUSAK, J. F.; FOX, S. F.; LOVERN, M. B.; BUSSCHE, R. A. V. D. Faster lizards sire more offspring: Sexual selection on whole-animal performance. **Evolution**, 60, n. 10, p. 2122-2130, 2006/10/01 2006.

IAT. Plano de Manejo de Proteção Integral - Parque Estadual do Guartelá. AMBIENTE, M. Web Site: Instituto Água e Terra (IAT): 30 p. 2002a.

IAT. Plano de Manejo de Proteção Integral - Parque Estadual do Cerrado. AMBIENTE, M. Web Site: Instituto Água e Terra (IAT) 2002b.

IPCC. **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** IPCC. Geneva, Switzerland. 2014.

IPCC. **Mudanças do clima e terra; Um relatório especial do IPCC sobre mudança do clima, desertificação, degradação da terra, manejo sustentável da terra, segurança alimentar, e fluxos de gases de efeito estufa em ecossistemas terrestres.** 2020.

IRSCHICK, D. J.; MEYERS, J. J. An analysis of the relative roles of plasticity and natural selection in the morphology and performance of a lizard (*Urosaurus ornatus*). **Oecologia**, 153, n. 2, p. 489-499, Aug 2007.

IZEM, R.; KINGSOLVER, J. G. Variation in continuous reaction norms: quantifying directions of biological interest. **Am Nat**, 166, n. 2, p. 277-289, Aug 2005.

JOHNSON, J. C.; URCUYO, J.; MOEN, C.; STEVENS, D. R., II. Urban heat island conditions experienced by the Western black widow spider (*Latrodectus hesperus*): Extreme heat slows development but results in behavioral accommodations. **PLOS ONE**, 14, n. 9, p. e0220153, 2019.

KAISER, A.; MERCKX, T.; VAN DYCK, H. The Urban Heat Island and its spatial scale dependent impact on survival and development in butterflies of different thermal sensitivity. **Ecol Evol**, 6, n. 12, p. 4129-4140, Jun 2016.

KASPARI, M.; CLAY, N. A.; LUCAS, J.; YANOVIK, S. P. *et al.* Thermal adaptation generates a diversity of thermal limits in a rainforest ant community. **Global Change Biology**, 21, n. 3, p. 1092-1102, 2015/03/01 2015. <https://doi.org/10.1111/gcb.12750>.

KAUFMANN, J. S.; BENNETT, A. F. The effect of temperature and thermal acclimation on locomotor performance in *Xantusia vigilis*, the desert night lizard. **Physiological Zoology**, 62, n. 5, p. 1047-1058, 1989.

KEARNEY, M.; SHINE, R.; PORTER, W. P. The potential for behavioral thermoregulation to buffer “cold-blooded” animals against climate warming. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 106, n. 10, p. 3835-3840, 2009/03/10 2009.

KIEFER, M.; VAN SLUYS, M.; ROCHA, C. Body temperatures of *Tropidurus torquatus* (Squamata, Tropiduridae) from coastal populations: do body temperatures vary along their geographic range? **Journal of Thermal Biology** 30, p. 449-456, 2005.

KINGSOLVER, Joel G. The well-temperated biologist. **The American Naturalist**, 174, n. 6, p. 755-768, 2009/12/01 2009.

KINGSOLVER, J. G.; HUEY, R. B. Evolutionary analyses of morphological and physiological plasticity in thermally variable environments. **Integrative and Comparative Biology**, 38, p. 545-560, 1998.

KINGSOLVER, J. G.; IZEM, R.; RAGLAND, G. J. Plasticity of size and growth in fluctuating thermal environments: comparing reaction norms and performance curves. **Integr Comp Biol**, 44, n. 6, p. 450-460, Dec 2004.

KINGSOLVER, J. G.; WOODS, H. A.; BUCKLEY, L. B.; POTTER, K. A. *et al.* Complex life cycles and the responses of insects to climate change. **Integrative and Comparative Biology**, 51, n. 5, p. 719-732, Nov 2011.

KIRCHMEIER-YOUNG, M. C.; ZHANG, X. Human influence has intensified extreme precipitation in North America. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 117, n. 24, p. 13308-13313, 2020/06/16 2020.

KOHLSDORF, T.; NAVAS, C. Ecological constraints on the association between field and preferred temperatures in Tropidurinae lizards. **Evolutionary Ecology**, 20, p. 549-564, 01/11 2006.

KOHLSDORF, T.; PAI-SILVA, M. D.; NAVAS, C. A.; JAMES, R. S. *et al.* Locomotor performance of closely related *Tropidurus* species: relationships with physiological parameters and ecological divergence. **Journal of Experimental Biology**, 207, n. 7, p. 1183-1192, 2004.

KUBISCH, E. L.; CORBALÁN, V.; IBARGÜENGOYTÍA, N. R.; SINERVO, B. Local extinction risk of three species of lizard from Patagonia as a result of global warming. **Canadian Journal of Zoology**, 94, n. 1, p. 49-59, 2016/01/01 2015.

KUBISCH, E. L.; FERNÁNDEZ, J. B.; IBARGÜENGOYTÍA, N. R. Is locomotor performance optimised at preferred body temperature? A study of *Liolaemus pictus argentinus* from northern Patagonia, Argentina. **Journal of Thermal Biology**, 36, n. 6, p. 328-333, 2011/08/01/ 2011.

KUBISCH, E. L.; FERNÁNDEZ, J. B.; IBARGÜENGOYTÍA, N. R. Vulnerability to climate warming of *Liolaemus pictus* (Squamata, Liolaemidae), a lizard from the cold temperate climate in Patagonia, Argentina. **J Comp Physiol B**, 186, n. 2, p. 243-253, Feb 2016.

KUO, T.; MCQUEEN, A.; CHEN, T. C.; WANG, J. C. Regulation of glucose homeostasis by glucocorticoids. In: J.-C. WANG, C. H. (Ed.). **Glucocorticoid Signaling**: Springer, 2015. p. 99 - 126.

LANDE, R. The response to selection on major and minor mutations affecting a metrical trait. **Heredity**, 50, n. 1, p. 47-65, 1983/02/01 1983.

LANDE, R. Adaptation to an extraordinary environment by evolution of phenotypic plasticity and genetic assimilation. **Journal of Evolutionary Biology**, 22, n. 7, p. 1435-1446, Jul 2009a.

LANDE, R. Adaptation to an extraordinary environment by evolution of phenotypic plasticity and genetic assimilation. **J Evol Biol**, 22, n. 7, p. 1435-1446, Jul 2009b.

LANDE, R.; ARNOLD, S. J. The measurement of selection on correlated characters. **Evolution**, 37, n. 6, p. 1210-1226, 1983.

LE GALLIARD, J. F.; CLOBERT, J.; FERRIÈRE, R. Physical performance and Darwinian fitness in lizards. **Nature**, 432, n. 7016, p. 502-505, Nov 25 2004.

LEVENE, H. Robust Tests for Equality of Variances. In: OLKIN, I. (Ed.). **Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling**. Palo Alto: Stanford University Press, 1960. p. 278-292.

LEVINS, R. **Evolution in Changing Environments Some Theoretical Explorations. (MPB-2)**. Princeton University Press, 1968. 9780691079592.

LIMA, S.; DILL, L. Behavioral Decisions Made under the Risk of Predation: A Review and Prospectus. **Canadian Journal of Zoology-revue Canadienne De Zoologie - CAN J ZOOL**, 68, p. 619-640, 04/01 1990.

LINHART, Y. B.; GRANT, M. C. Evolutionary significance of local genetic differentiation in plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 27, p. 237-277, 1996.

LOGAN, M. L.; COX, R. M.; CALSBEEK, R. Natural selection on thermal performance in a novel thermal environment. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 111, n. 39, p. 14165-14169, 2014/09/30 2014.

LUTTERSCHMIDT, D. I.; MASON, R. T. Endocrine mechanisms mediating temperature-induced reproductive behavior in red-sided garter snakes (*Thamnophis sirtalis parietalis*). **Journal of Experimental Biology**, 212, n. 19, p. 3108-3118, 2009.

LYNCH, M.; GABRIEL, W. Environmental tolerance. **The American Naturalist**, 129, n. 2, p. 283-303, 1987.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. J. Olympio, 1968.

MACLEAN, G. S.; LEE, A. K.; WITHERS, P. C. Haematological adjustments with diurnal changes in body temperature in a lizard and a mouse. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, 51, n. 1a, p. 241-249, May 1 1975.

MADER, D. R. Reptilian metabolic disorders. In: A.M., F. (Ed.). **Laboratory medicine avian and exotic pets**. Philadelphia: W. B. Saunders, 2000. p. 210-216.

MAIA-CARNEIRO, T.; DORIGO, T.; ROCHA, C. Seasonal influences of wind intensity on activity rates and thermoregulation of differently sized individuals of *Liolaemus lutzae* (Squamata: Liolaemidae). **Salamandra**, 53, p. 469-472, 01/01 2017.

MAIA-CARNEIRO, T.; NAVAS, C. A. Ecological constraints to match field and preferred temperatures in lizards *Tropidurus catalanensis* (Squamata; Tropiduridae). **Journal of Thermal Biology**, 98, p. 102903, 2021/05/01/ 2021.

MARIMON, B.; M. FELFILI, J.; LIMA, E. Floristics and phytosociology of the gallery forest of the Bacaba stream, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, 59, p. 303-318, 2002.

MARIMON JUNIOR, B. H.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 19, 2005.

MAXWELL, S. L.; BUTT, N.; MARON, M.; MCALPINE, C. A. *et al.* Conservation implications of ecological responses to extreme weather and climate events. **Diversity and Distributions**, 25, n. 4, p. 613-625, 2019/04/01 2019. <https://doi.org/10.1111/ddi.12878>.

MCEWEN, B. S.; WINGFIELD, J. C. What is in a name? Integrating homeostasis, allostasis and stress. **Horm Behav**, 57, n. 2, p. 105-111, Feb 2010.

MEDINA, M.; GUTIERREZ, J.; SCOLARO, A.; IBARGÜENGOYTÍA, N. Thermal responses to environmental constraints in two populations of the oviparous lizard *Liolaemus bibronii* in Patagonia, Argentina. **Journal of Thermal Biology**, 34, n. 1, p. 32-40, 2009/01/01/ 2009.

MEIRI, S.; BAUER, A. M.; CHIRIO, L.; COLLI, G. R. *et al.* Are lizards feeling the heat? A tale of ecology and evolution under two temperatures. **Global Ecology and Biogeography**, 22, n. 7, p. 834-845, 2013/07/01 2013. <https://doi.org/10.1111/geb.12053>.

MILES, D. The race goes to the swift: Fitness consequences of variation in sprint performance in juvenile lizards. **Evolutionary Ecology Research**, 6, p. 63-75, 01/01 2004.

MILES, D. B.; CALSBEEK, R.; SINERVO, B. Corticosterone, locomotor performance, and metabolism in side-blotched lizards (*Uta stansburiana*). **Horm Behav**, 51, n. 4, p. 548-554, Apr 2007.

MILLER, R. S. Fundamentos da Ecologia. **Oikos**, 5, n. 1, p. 134-136, 1954.

MONTEJO-KOVACEVICH, G.; MARTIN, S. H.; MEIER, J. I.; BACQUET, C. N. *et al.* Microclimate buffering and thermal tolerance across elevations in a tropical butterfly. **Journal of Experimental Biology**, 223, n. 8, p. jeb220426, 2020.

MURRISH, D. E.; VANCE, V. J. Physiological responses to temperature acclimation in the lizard *Uta mearnsi*. **Comparative Biochemistry and Physiology**, 27, n. 1, p. 329-337, 1968/10/01/ 1968.

NADEAU, C. P.; URBAN, M. C.; BRIDLE, J. R. Climates past, present, and yet-to-come shape climate change vulnerabilities. **Trends in Ecology & Evolution**, 32, n. 10, p. 786-800, 2017/10/01/ 2017.

NAVAS, C. A. Herpetological diversity along Andean elevational gradients: links with physiological ecology and evolutionary physiology. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, 133, n. 3, p. 469-485, 2002/11/01/ 2002.

NICOTRA, A. B.; ATKIN, O. K.; BONSER, S. P.; DAVIDSON, A. M. *et al.* Plant phenotypic plasticity in a changing climate. **Trends Plant Sci**, 15, n. 12, p. 684-692, Dec 2010.

NICOTRA, A. B.; SEGAL, D. L.; HOYLE, G. L.; SCHREY, A. W. *et al.* Adaptive plasticity and epigenetic variation in response to warming in an alpine plant. **Ecology and Evolution**, 5, n. 3, p. 634-647, Feb 2015.

NILSSON, G. E.; LUTZ, P. L. Role of GABA in hypoxia tolerance, metabolic depression and hibernation--possible links to neurotransmitter evolution. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology**, 105, n. 3, p. 329-336, Jul 1993.

NOGUEIRA, C.; RIBEIRO, S.; COSTA, G. C.; COLLI, G. R. Vicariance and endemism in a Neotropical savanna hotspot: distribution patterns of Cerrado squamate reptiles. **Journal of Biogeography**, 38, n. 10, p. 1907-1922, 2011/10/01 2011.

OKE, T. R. City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment (1967)**, 7, n. 8, p. 769-779, 1973/08/01/ 1973.

OMETTO, J. P.; K. KALABA; G.Z. ANSHARI; N. CHACÓN *et al.* **CrossChapter Paper 7: Tropical Forests**. Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, NY, USA, p. 2369–2410. 2022.

ORTEGA, Z.; PÉREZ-MELLADO, V. Seasonal patterns of body temperature and microhabitat selection in a lacertid lizard. **Acta Oecologica**, 77, p. 201-206, 2016/11/01/ 2016.

OZGUL, A.; CHILDS, D. Z.; OLI, M. K.; ARMITAGE, K. B. *et al.* Coupled dynamics of body mass and population growth in response to environmental change. **Nature**, 466, n. 7305, p. 482-485, 2010/07/01 2010.

PALUMBI, S. R.; BARSHIS, D. J.; TRAYLOR-KNOWLES, N.; BAY, R. A. Mechanisms of reef coral resistance to future climate change. **Science**, 344, n. 6186, p. 895-898, May 23 2014.

PANDIT, S. N.; MAITLAND, B. M.; PANDIT, L. K.; POESCH, M. S. *et al.* Climate change risks, extinction debt, and conservation implications for a threatened freshwater fish: Carmine shiner (*Notropis percobromus*). **Science of The Total Environment**, 598, p. 1-11, 2017/11/15/ 2017.

PATTERSON, J. W.; DAVIES, P. M. C. Preferred body temperature: Seasonal and sexual differences in the lizard *Lacerta vivipara*. **Journal of Thermal Biology**, 3, n. 1, p. 39-41, 1978/03/01/ 1978.

PEARSON, G. A.; LAGO-LESTON, A.; MOTA, C. Frayed at the edges: selective pressure and adaptive response to abiotic stressors are mismatched in low diversity edge populations. **Journal of Ecology**, 97, n. 3, p. 450-462, 2009/05/01 2009.

PFEIFER, M.; LEFEBVRE, V.; PERES, C. A.; BANKS-LEITE, C. *et al.* Creation of forest edges has a global impact on forest vertebrates. **Nature**, 551, n. 7679, p. 187-191, 2017/11/01 2017.

PIANTONI, C.; NAVAS, C. A.; IBARGÜENGOYTÍA, N. R. Vulnerability to climate warming of four genera of New World iguanians based on their thermal ecology. **Animal Conservation**, 19, n. 4, p. 391-400, 2016/08/01 2016.

PIANTONI, C.; NAVAS, C. A.; IBARGÜENGOYTÍA, N. R. A real tale of Godzilla: impact of climate warming on the growth of a lizard. **Biological Journal of the Linnean Society**, 126, n. 4, p. 768-782, 2019.

PIE, M. R.; CAMPOS, L. L. F.; MEYER, A. L. S.; DURAN, A. The evolution of climatic niches in squamate reptiles. **Proc Biol Sci**, 284, n. 1858, Jul 12 2017.

PINTOR, A. F. V.; SCHWARZKOPF, L.; KROCKENBERGER, A. K. Extensive acclimation in ectotherms conceals interspecific variation in thermal tolerance limits. **PLOS ONE**, 11, n. 3, p. e0150408, 2016.

PIPOLY, I.; BÓKONY, V.; SERESS, G.; SZABÓ, K. *et al.* Effects of extreme weather on reproductive success in a temperate-breeding songbird. **PLOS ONE**, 8, n. 11, p. e80033, 2013.

PONTES-DA-SILVA, E.; MAGNUSSON, W. E.; SINERVO, B.; CAETANO, G. H. *et al.* Extinction risks forced by climatic change and intraspecific variation in the thermal physiology of a tropical lizard. **Journal of Thermal Biology**, 73, p. 50-60, 2018/04/01/ 2018.

PÖRTNER, H. O. Climate variations and the physiological basis of temperature dependent biogeography: systemic to molecular hierarchy of thermal tolerance in animals. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, 132, n. 4, p. 739-761, 2002/08/01/ 2002.

POST, E. **Ecology of Climate Change: The Importance of Biotic Interactions**. Princeton University Press, 2013. 9780691148472.

QUINN, T. P.; ADAMS, D. J. Environmental changes affecting the migratory timing of American shad and sockeye salmon. **Ecology**, 77, n. 4, p. 1151-1162, 1996.

RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, 80, n. 3, p. 223-230, 1997.

REZENDE, E.; TEJEDO, M.; SANTOS, M. Estimating the adaptive potential of critical thermal limits: Methodological problems and evolutionary implications. **Functional Ecology**, 25, p. 111-121, 02/01 2011.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M. e ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: Ambiente e Flora**. Brasília: Embrapa, 1998a.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. *In*: **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1998b. p. 98-168.

ROBSON, M. A.; MILES, D. B. Locomotor performance and dominance in male Tree Lizards, *Urosaurus ornatus*. **Functional Ecology**, 14, n. 3, p. 338-344, 2000/06/01 2000.

ROCHA, C.; BERGALLO, H. d. Thermal biology and flight distance of *Tropidurus oreadicus* (Sauria Iguanidae) in an area of Amazonian Brazil. **Ethology Ecology and Evolution**, 2, p. 263-268, 1990.

ROCHA, C. F. D.; VAN SLUYS, M.; VRCIBRADIC, D.; KIEFER, M. C. *et al.* Comportamiento de termorregulación en lagartos brasileiros thermoregulatory behavior in brazilian lizards. **Fundación Dialnet**, 13, n. 1981-9366, p. 115-131, 2009.

RODRIGUES, J. F. M.; BORGES-LEITE, M. J.; BORGES-NOJOSA, D. M. Does climate influence assemblages of anurans and lizards in a coastal area of north-eastern Brazil? **Acta Oecologica**, 77, p. 187-192, 2016/11/01/ 2016.

RODRIGUES, M. T. Sistemática, ecologia e zoogeografia dos *Tropidurus* do grupo *Torquatus* ao sul do Rio Amazonas (Sauria, Iguanidae). **Arquivos de Zoologia, São Paulo**, 31, p. 105, 1987.

ROMERO, L. M. Physiological stress in ecology: lessons from biomedical research. **TRENDS in Ecology and Evolution**, 19, n. 5, p. 249-255, May 2004.

SAGONAS, K.; MEIRI, S.; VALAKOS, E. D.; PAFILIS, P. The effect of body size on the thermoregulation of lizards on hot, dry Mediterranean islands. **Journal of Thermal Biology**, 38, n. 2, p. 92-97, 2013/02/01/ 2013.

SAID, K. M.; HUSSEIN, H. K. Variations in some haematological parameters and gonadal indices of *Uromastix aegyptius* during hibernation and active periods. **Proceedings of the First International Conference (Egyptian British Biological Society, EBB Soc)**, 3, p. 81 - 85, 2001.

SAPOLSKY, R.; BECKER, J.; BREEDLOVE, S.; CREWS, D. *et al.* Endocrinology of the stress response. In: J. B. BECKER, S. M.; BREEDLOVE, D. C., *et al* (Ed.). **Behavioral Endocrinology**. MIT Press., 2002. p. 409 - 450.

SEARS, M. W.; ANGILLET, M. J.; SCHULER, M. S.; BORCHERT, J. *et al.* Configuration of the thermal landscape determines thermoregulatory performance of ectotherms. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 113, n. 38, p. 10595-10600, 2016/09/20 2016.

SEEBACHER, F. Heat transfer in a microvascular network: The effect of heart rate on heating and cooling in reptiles (*Pogona barbata* and *Varanus varius*). **J Theor Biol**, 203, n. 2, p. 97-109, Mar 21 2000.

SEEBACHER, F. A review of thermoregulation and physiological performance in reptiles: what is the role of phenotypic flexibility? **J Comp Physiol B**, 175, n. 7, p. 453-461, Oct 2005.

SEEBACHER, F. Responses to temperature variation: integration of thermoregulation and metabolism in vertebrates. **Journal of Experimental Biology**, 212, n. 18, p. 2885-2891, 2009.

SEEBACHER, F.; FRANKLIN, C. E. Physiological mechanisms of thermoregulation in reptiles: a review. **J Comp Physiol B**, 175, n. 8, p. 533-541, Nov 2005.

SEEBACHER, F.; GRIGG, G. C. Changes in heart rate are important for thermoregulation in the varanid lizard *Varanus varius*. **Journal Comparative Physiology B**, 171, n. 5, p. 395-400, Jun 2001.

SENIOR, A. F.; ATKINS, Z. S.; CLEMAN, N.; GARDNER, M. G. *et al.* Variation in thermal biology of three closely related lizard species along an elevation gradient. **Biological Journal of the Linnean Society**, 127, n. 2, p. 278-291, 2019.

SINCLAIR, B. J.; MARSHALL, K. E.; SEWELL, M. A.; LEVESQUE, D. L. *et al.* Can we predict ectotherm responses to climate change using thermal performance curves and body temperatures? **Ecology Letters**, 19, n. 11, p. 1372-1385, 2016/11/01 2016. <https://doi.org/10.1111/ele.12686>.

SINERVO, B. Evolution of thermal physiology and growth rate between populations of the western fence lizard (*Sceloporus occidentalis*). **Oecologia**, 83, n. 2, p. 228-237, June 01 1990. journal article.

SINERVO, B.; MÉNDEZ-DE-LA-CRUZ, F.; MILES, D. B.; HEULIN, B. *et al.* Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. **Science**, 328, n. 5980, p. 894 - 899, 2010. 10.1126/science.1184695.

SOMERO, G. N. The physiology of climate change: how potentials for acclimatization and genetic adaptation will determine ‘winners’ and ‘losers’. **Journal of Experimental Biology**, 213, n. 6, p. 912-920, 2010.

SOMERO, G. N.; DAHLHOFF, E.; LIN, J. J. Stenotherms and eurytherms: mechanisms establishing thermal optima and tolerance ranges. *In*: JOHNSTON, I. A. e BENNETT, A. F. (Ed.). **Animals and Temperature: Phenotypic and Evolutionary Adaptation**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. p. 53-78. (Society for Experimental Biology Seminar Series).

SOMERO, G. N.; DEVRIES, A. L. Temperature tolerance of some Antarctic fishes. **Science**, 156, n. 3772, p. 257-258, Apr 14 1967.

STELLATELLI, O. A.; VEGA, L. E.; BLOCK, C.; ROCCA, C. *et al.* Latitudinal pattern of the thermal sensitivity of running speed in the endemic lizard *Liolaemus multimaculatus*. **Integr Zool**, 17, n. 4, p. 619-637, Jul 2022.

STROBBE, F.; MCPEEK, M. A.; DE BLOCK, M.; DE MEESTER, L. *et al.* Survival selection on escape performance and its underlying phenotypic traits: a case of many-to-one mapping. **J Evol Biol**, 22, n. 6, p. 1172-1182, Jun 2009.

SULTAN, S. E.; SPENCER, H. G. Metapopulation structure favors plasticity over local adaptation. **The American Naturalist**, 160, n. 2, p. 271-283, Aug 2002.

SUNDAY, J. M.; BATES, A. E.; KEARNEY, M. R.; COLWELL, R. K. *et al.* Thermal-safety margins and the necessity of thermoregulatory behavior across latitude and elevation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 111, n. 15, p. 5610-5615, 2014/04/15 2014.

TEAM, R. C. **R: A Language and Environment of Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing: 2019.

TELEMECO, R. S.; ADDIS, E. A. Temperature has species-specific effects on corticosterone in alligator lizards. **General and Comparative Endocrinology**, 206, p. 184-192, Sep 15 2014.

TERBLANCHE, J. S.; DEERE, J. A.; CLUSELLA-TRULLAS, S.; JANION, C. *et al.* Critical thermal limits depend on methodological context. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 274, n. 1628, p. 2935-2943, 2007/12/07 2007.

THOMAS, C. D.; CAMERON, A.; GREEN, R. E.; BAKKENES, M. *et al.* Extinction risk from climate change. **Nature**, 427, p. 145 - 148, 01/08/online 2004.

THUILLER, W. Climate change and the ecologist. **Nature**, 448, p. 550 - 552, 08/01/online 2007.

TIATRAGUL, S.; KURNIAWAN, A.; KOLBE, J. J.; WARNER, D. A. Embryos of non-native anoles are robust to urban thermal environments. **J Therm Biol**, 65, p. 119-124, Apr 2017.

TRACY, C. R.; CHRISTIAN, K. A.; BETTS, G.; TRACY, C. R. Body temperature and resistance to evaporative water loss in tropical Australian frogs. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, 150, n. 2, p. 102-108, 2008/06/01/ 2008.

TRIGUEIRO, W. R.; NABOUT, J. C.; TESSAROLO, G. Uncovering the spatial variability of recent deforestation drivers in the Brazilian Cerrado. **J Environ Manage**, 275, p. 111243, Dec 1 2020.

URBAN, C. M. Climate change. Accelerating extinction risk from climate change. **Science**, 348, p. 571-573, 2015.

VALLADARES, F.; MATESANZ, S.; GUILHAUMON, F.; ARAÚJO, M. B. *et al.* The effects of phenotypic plasticity and local adaptation on forecasts of species range shifts under climate change. **Ecology Letters**, 17, n. 11, p. 1351-1364, 2014/11/01 2014.

VAN DAMME, R.; BAUWENS, D.; CASTILLA, A. M.; VERHEYEN, R. F. Altitudinal variation of the thermal biology and running performance in the lizard *Podarcis tiliguerta*. **Oecologia**, 80, n. 4, p. 516-524, 1989/09/01 1989.

VAN DAMME, R.; BAUWENS, D.; VERHEYEN, R. F. Thermoregulatory responses to environmental seasonality by the lizard *Lacerta vivipara*. **Herpetologica**, 43, n. 4, p. 405-415, 1987.

VAN SLUYS, M. Aspectos da ecologia do lagarto *Tropidurus itambere* (Tropiduridae), em uma área do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, 52, n. 1, p. 181-185, 1992.

VANZOLINI, P. Miscellaneous notes on the ecology of some Brazilian lizards (Sauria). **Papéis Avulsos de Zoologia**, 26, n. 8, p. 83-115, 1972.

VARGENS, M., M. F.; DIAS, E.; LIRA-DA-SILVA, R., M. Ecologia térmica, período de atividade e uso de microhabitat do lagarto *Tropidurus hygomi* (Tropiduridae) na Restinga de Abaeté, Salvador, Bahia, Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, 23, p. 143-156, 2008.

VIA, S.; LANDE, R. Genotype-environment interaction and the evolution of phenotypic plasticity. **Evolution**, 39, n. 3, p. 505-522, 1985/05/01 1985.
<https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1985.tb00391.x>.

VILLAVICENCIO, H. J.; ACOSTA, J. C.; MARINERO, J. A. *Pristidactylus scapulatus* (NCN) Body temperature. **Herpetol. Rev**, 37, p. 471, 2006.

VISSER, M. E. Interactions of climate change and species. **Nature**, 535, p. 236 - 237, 06/29/online 2016.

VITT, L.; CARVALHO, C., Morato. Niche partitioning in a tropical wet season: lizards in the Lavrado Area of Northern Brazil. **Copeia** 1995, p. 305, 1995.

VITT, L. J.; CALDWELL, J. P. Ecological observations on Cerrado lizards in Rondônia, Brazil. **Journal of Herpetology**, 27, p. 46, 1993.

WALTERS, R. J.; BLANCKENHORN, W. U.; BERGER, D. Forecasting extinction risk of ectotherms under climate warming: an evolutionary perspective. **Functional Ecology**, 26, n. 6, p. 1324-1338, 2012/12/01 2012.

WALTHER, G.-R.; POST, E.; CONVEY, P.; MENZEL, A. *et al.* Ecological responses to recent climate change. **Nature**, 416, p. 389 - 395, 03/28/online 2002. Review Article.

WHITFIELD, S. M.; BELL, K. E.; PHILIPPI, T.; SASA, M. *et al.* Amphibian and reptile declines over 35 years at La Selva, Costa Rica. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 104, n. 20, p. 8352-8356, 2007/05/15 2007.

WILLIARD, A. S.; HARDEN, L. A. Seasonal changes in thermal environment and metabolic enzyme activity in the diamondback terrapin (*Malaclemys terrapin*). **Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol**, 158, n. 4, p. 477-484, Apr 2011.

WINCHELL, K. M.; REYNOLDS, R. G.; PRADO-IRWIN, S. R.; PUENTE-ROLÓN, A. R. *et al.* Phenotypic shifts in urban areas in the tropical lizard *Anolis cristatellus*. **Evolution**, 70, n. 5, p. 1009-1022, 2016/05/01 2016. <https://doi.org/10.1111/evo.12925>.

WITHERS, P. C. **Comparative animal physiology**. Saunders College Pub., Fort Worth: 1992.

WOOD, S. N. **Generalized Additive Models: An Intruduction with R**. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017.

YUAN, F., Landry ; ADAM, F.; LAURENT, C.; MATTHEW, L. *et al.* Ecophysiological variation across a forest-ecotone gradient produces divergent climate change vulnerability within species. **Ecografia**, 41, p. 1-11, 2018.

ZANI, P. A.; ROLLYSON, M. E. The effects of climate modes on Growing-Season length and timing of reproduction in the pacific northwest as revealed by biophysical modeling of lizards. **The American Midland Naturalist**, 165, n. 2, p. 372-388, 4/1 2011.

ZUK, M.; JOHNSON, K.; THORNHILL, R.; LIGON, J. D. Mechanisms of female choice in red jungle fowl. **Evolution**, 44, n. 3, p. 477-485, 1990.