



RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA, PRECIPITAÇÃO, COBERTURA VEGETAL E A OCORRÊNCIA DE *Tropidurus torquatus* NO BRASIL

FABRÍCIO ALVES RODRIGUES; ESTELLA EUNICE MACEDO NOVAIS; PAULO AZRAEL PORTO DA SILVA; ANA VITÓRIA ALVES-SOBRINHO

RESUMO

Tropidurus torquatus é um lagarto amplamente distribuído no Brasil, comumente encontrado em áreas abertas e bordas de florestas, apresentando grande plasticidade em relação ao uso do habitat. A influência de fatores climáticos e da cobertura vegetal na distribuição de espécies é crucial para a compreensão da sua ecologia e para a predição de respostas a mudanças ambientais. Este estudo investigou a influência da temperatura, precipitação e cobertura vegetal na ocorrência de *Tropidurus torquatus* no Brasil. Dados de ocorrência da espécie (2014-2024) foram obtidos a partir de bases de dados online (GBIF) e da literatura. As variáveis climáticas (temperatura mínima, temperatura máxima e precipitação) foram extraídas do *WorldClim*, enquanto os dados de cobertura vegetal foram obtidos do MapBiomas. A análise da distribuição espacial da espécie foi realizada com o *software* QGIS, e os testes estatísticos foram conduzidos no R. Os resultados demonstraram uma concentração da espécie nos biomas Cerrado e Mata Atlântica, com maior número de ocorrências no Espírito Santo e Rio de Janeiro. Testes estatísticos indicaram variação na precipitação média entre os tipos de cobertura vegetal, com diferenças significativas entre 'Afloramento Rochoso' e 'Formação Savânica'. As temperaturas mínimas e máximas médias não apresentaram diferenças significativas entre os tipos de cobertura. A espécie demonstrou adaptabilidade a ambientes antropizados, como 'Mosaico de Usos', 'Áreas Urbanizadas' e 'Pastagem'. Este estudo contribui para o conhecimento da ecologia de *Tropidurus torquatus*, fornecendo informações relevantes para a conservação da espécie em um contexto de mudanças climáticas e perda de habitat. No entanto, novos estudos com dados mais abrangentes, como uso de modelagem de predição e outras variáveis, são necessários para aprofundar a análise da relação entre os fatores climáticos, a cobertura vegetal e a ocorrência de *Tropidurus torquatus* no Brasil.

Palavras-chave: Distribuição de espécies; *Tropidurus torquatus*; lagartos; Brasil; modelagem de nicho ecológico.

1 INTRODUÇÃO

Os répteis ectotérmicos, como os lagartos do gênero *Tropidurus*, exibem uma forte dependência das condições ambientais para regular sua temperatura corpórea e, consequentemente, manter suas funções fisiológicas (Vitt e Caldwell, 2014). A temperatura influencia diretamente a atividade, a reprodução e a distribuição espacial desses animais (Angilletta Jr., 2009; Barros *et al.*, 2020). Diversos estudos têm demonstrado a importância da temperatura na ecologia de lagartos, evidenciando a influência da temperatura do ar e do substrato na seleção de microhabitats e no comportamento termorregulatório (Rocha *et al.*, 2013; Rodrigues *et al.*, 2024).

Além da temperatura, a precipitação também desempenha um papel importante na ecologia de lagartos, especialmente em regiões tropicais, onde a sazonalidade da chuva pode afetar a disponibilidade de recursos alimentares e a estrutura da vegetação (Pianka, 1986). A

vegetação, por sua vez, oferece abrigo contra predadores, sítios de termorregulação e recursos para forrageamento (Huey, 1991). A interação entre esses fatores abióticos e a estrutura da vegetação molda o nicho ecológico das espécies de lagartos, influenciando sua distribuição e abundância (Vitt *et al.*, 2003).

Tropidurus torquatus é uma espécie de lagarto amplamente distribuída no Brasil, ocorrendo em uma variedade de habitats, desde áreas abertas de Cerrado até florestas úmidas (Rodrigues, 1987). Essa plasticidade ecológica torna a espécie um modelo interessante para investigar a influência de fatores ambientais na distribuição de lagartos. Estudos prévios com *Tropidurus torquatus* abordaram aspectos da sua ecologia térmica (Arruda, 2012), área de vida (Kiefer *et al.*, 2005) e resposta a variações de temperatura (Lima, 2021), mas ainda há lacunas no conhecimento sobre como a interação entre temperatura, precipitação e vegetação influencia a ocorrência da espécie.

Compreender a relação entre os fatores climáticos, a estrutura da vegetação e a ocorrência de *Tropidurus torquatus* é crucial para prever os impactos das mudanças climáticas sobre a distribuição da espécie. As alterações no regime de chuvas e o aumento da temperatura podem levar a mudanças na composição e estrutura da vegetação, afetando a disponibilidade de habitats adequados para a espécie (Bellard *et al.*, 2012). A identificação das variáveis ambientais que influenciam a ocorrência de *Tropidurus torquatus* contribui para a definição de estratégias de conservação da espécie e de seus habitats, especialmente em cenários de mudanças climáticas globais.

O objetivo deste estudo é analisar a influência da temperatura mínima e máxima, precipitação e cobertura da vegetação na ocorrência da espécie *Tropidurus torquatus* no Brasil. Busca-se, especificamente, descrever a distribuição espacial da espécie, avaliar a relação entre as variáveis climáticas (temperatura e precipitação) e a sua ocorrência, e verificar a associação entre os diferentes tipos de cobertura vegetal e a presença de *Tropidurus torquatus*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo utilizou uma abordagem quantitativa para analisar a relação entre variáveis climáticas, cobertura vegetal e a ocorrência de *Tropidurus torquatus* no Brasil. A pesquisa foi conduzida em três etapas principais: coleta e organização de dados, análise espacial e análise estatística.

Os dados de ocorrência de *Tropidurus torquatus* no Brasil entre 2014 e 2024 foram extraídos do *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) através do plugin "GBIF Occurrences" no QGIS. Foi realizada uma busca sistemática em bases de dados científicas (e.g., Google Scholar, PubMed, Springer e Wiley) por artigos publicados entre 2014 e 2024 que contenham registros de ocorrência de *Tropidurus torquatus* no Brasil com coordenadas geográficas. As coordenadas foram extraídas dos artigos e incorporadas ao conjunto de dados. A distribuição espacial das ocorrências obtidas foi comparada com o mapa de distribuição da espécie disponibilizado pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) para verificar a consistência dos dados. Os dados ambientais foram extraídos para cada ponto de ocorrência da espécie utilizando o QGIS. Os dados de cobertura vegetal foram obtidos a partir dos mapas anuais (2014-2024) do projeto MapBiomas, juntamente com a classificação de cobertura vegetal.

As variáveis climáticas (temperatura máxima, mínima e precipitação) foram extraídas dos dados *raster*, mapa geográfico matricial com informações únicas inseridas em cada pixel, do *WorldClim* (Fick e Hijmans, 2017) para o período de 2014-2024. Um *shapefile*, mapa geográfico vetorial com uma tabela contendo várias informações associadas a área geográfica, foi criado no QGIS contendo as coordenadas geográficas das ocorrências de *Tropidurus torquatus* e as informações sobre cobertura vegetal e variáveis climáticas extraídas para cada ponto. A partir do *shapefile*, foi elaborada uma tabela contendo os dados a serem utilizados nas

análises estatísticas no R. A distribuição espacial de *Tropidurus torquatus* foi mapeada utilizando o QGIS. Foram gerados mapas que ilustrem a distribuição da espécie no Brasil e em seus biomas.

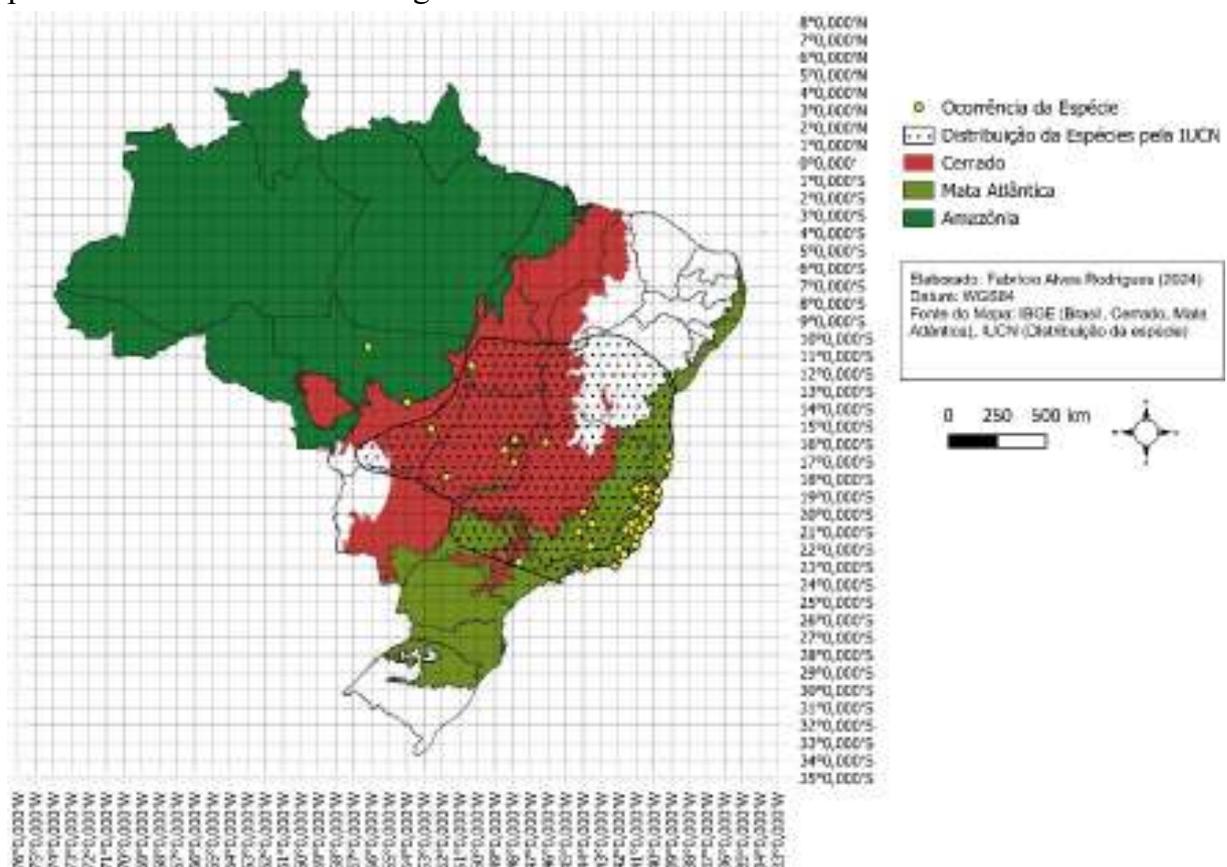
A análise de Kruskal-Wallis foi utilizada para testar a hipótese de que as médias das variáveis climáticas (temperatura máxima, mínima e precipitação) não se diferem entre os tipos de cobertura vegetal onde *Tropidurus torquatus* ocorre. Foram calculados coeficientes de correlação para avaliar a relação entre as variáveis climáticas e a ocorrência da espécie. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Distribuição geográfica da espécie entre 2014 e 2024

A Figura 1 apresenta a distribuição espacial das ocorrências de *Tropidurus torquatus* registradas no período de 2014 a 2024, obtidas a partir de dados do GBIF e de artigos científicos. Observa-se que a espécie ocorre predominantemente nos biomas Cerrado e Mata Atlântica, com maior concentração de registros nas regiões Sudeste do Brasil. Essa distribuição corrobora os padrões descritos na literatura para a espécie, que a caracterizam como tipicamente associada a ambientes abertos e bordas de floresta (Rodrigues, 1987; Vitt e Caldwell, 2014). O único registro na Amazônia, evidenciada na Figura 1, também é consistente com a distribuição conhecida da espécie, pela IUCN, que não se estende, e em grandes ocorrências, às regiões da Amazônia.

Figura 1 - Registros de ocorrência de *Tropidurus torquatus* no Brasil (2014-2024) a partir de dados do GBIF e artigos científicos



É importante destacar a ocorrência de *Tropidurus torquatus* em áreas de transição entre o Cerrado e a Mata Atlântica, e Cerrado e a Amazônia, o que sugere a capacidade da espécie

em ocupar habitats com diferentes características de vegetação. Essa plasticidade ecológica pode estar relacionada à sua adaptabilidade a variações de temperatura e precipitação, como observado em outros estudos com lagartos do gênero *Tropidurus* (Rocha *et al.*, 2013).

Tabela 1 -Variação na ocorrência de *Tropidurus torquatus* entre os estados brasileiros (2014-2024)

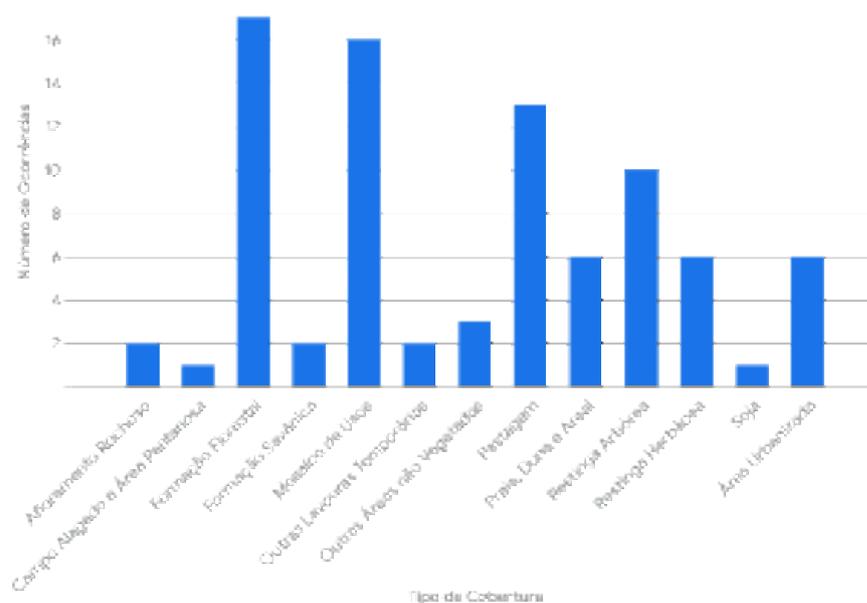
Estado	Ocorrência	Ocorrência Relativa
ES	39	45,35%
RJ	24	27,91%
GO	10	11,63%
MG	5	5,81%
MT	3	3,49%
BA	2	2,33%
DF	1	1,16%
TO	1	1,16%
SP	1	1,16%
Total	86	100%

A Tabela 1 apresenta a distribuição das ocorrências de *Tropidurus torquatus* registradas entre 2014 e 2024 por estado brasileiro. Nota-se uma clara concentração de registros nos estados do Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ), que juntos representam mais de 73% das ocorrências. Essa concentração pode refletir tanto uma maior ocorrência da espécie nesses estados quanto um maior esforço de amostragem nessas regiões, uma vez que a distribuição de registros de ocorrência em bancos de dados como o GBIF é frequentemente influenciada pela intensidade de pesquisas em diferentes áreas (Boakes *et al.*, 2010). É importante ressaltar que a ausência de registros em determinados estados não necessariamente indica a ausência da espécie nesses locais, mas pode ser resultado da falta de estudos que documentem sua presença. Fatores como acessibilidade, histórico de pesquisas herpetológicas e disponibilidade de recursos financeiros podem influenciar a distribuição e nos esforços de coleta e, conseqüentemente, a disponibilidade de dados de ocorrência (Hortal *et al.*, 2015).

3.2 Resultados dos tipos de coberturas na presença da espécie

A Figura 2 exibe a variação no número de ocorrências de *Tropidurus torquatus* em diferentes tipos de cobertura vegetal. Nota-se uma maior concentração de registros em áreas de 'Formação Florestal', 'Mosaico de Usos', 'Pastagem' e 'Restinga Arbórea'. A dominância de ocorrências em 'Formação Florestal' pode indicar uma preferência da espécie por esse tipo de habitat, o que contrasta com a associação tradicional de *Tropidurus torquatus* a ambientes abertos (Rodrigues, 1987). No entanto, a categoria 'Formação Florestal' do MapBiomas engloba uma diversidade de fitofisionomias florestais, incluindo formações mais abertas e savânicas (Projeto MapBiomas, 2023). É possível que *Tropidurus torquatus* esteja utilizando áreas de borda de floresta ou clareiras dentro dessas formações florestais, o que justificaria a alta frequência de ocorrências nesse tipo de cobertura vegetal.

Figura 2 – Número de ocorrência da espécie por tipo de cobertura



A presença significativa de registros em 'Mosaico de Usos', 'Áreas Urbanizada' e 'Pastagem' sugere a adaptabilidade da espécie a ambientes antropizados. A capacidade de *Tropidurus torquatus* em explorar áreas modificadas pela ação humana (Kiefer *et al.*, 2005), o que reforça a importância de se considerar o impacto das atividades humanas na distribuição da espécie. As análises subsequentes, correlacionando as ocorrências com as variáveis climáticas, permitirão uma avaliação mais completa dos fatores que determinam a distribuição de *Tropidurus torquatus* nas diferentes coberturas vegetais.

3.3 Análise estatística dos dados climáticos

Os resultados do teste de Shapiro-Wilk ($p = 0,001$) indicaram que os dados de precipitação não seguem uma distribuição normal. Diante disso, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, um teste não paramétrico equivalente à ANOVA, para comparar as medianas de precipitação entre os diferentes tipos de cobertura vegetal. O resultado do teste de Kruskal-Wallis ($p = 0,0379$) indicou haver diferença significativa na precipitação entre pelo menos dois grupos de cobertura vegetal. Para identificar quais grupos diferiam entre si, foi aplicado o teste de Dunn com correção de Bonferroni. O teste de Dunn revelou diferença estatisticamente significativa na precipitação entre 'Afloramento Rochoso' e 'Formação Savânica' (p ajustado = 0,004896273), indicando que esses dois tipos de cobertura vegetal apresentam regimes de precipitação distintos. É importante destacar que o teste de Dunn não identificou diferenças significativas na precipitação entre os demais tipos de cobertura vegetal, o que sugere que esses grupos podem apresentar regimes de precipitação mais semelhantes.

Os testes realizados com os dados de temperatura mínima e máxima revelaram distribuições não normais, conforme indicado pelos valores de p-valor do teste de Shapiro-Wilk: 2,351e-06 para a temperatura mínima e 4,419e-05 para a temperatura máxima. Diante da ausência de normalidade, aplicou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para avaliar a relação entre as variáveis climáticas e a ocorrência de *Tropidurus torquatus*. Para a temperatura mínima, o teste de Kruskal-Wallis resultou em um valor de p de 0,01772, indicando diferenças estatisticamente significativas entre as medianas dos grupos. Na análise da temperatura máxima, o p-valor obtido foi de 0,008955, também sugerindo significância estatística entre os grupos. Em ambas as variáveis, o teste post-hoc de Dunn revelou p-valores ajustados acima de 0,05, sugerindo que as diferenças entre pares específicos de amostras não são estatisticamente significativas, mostrando então que os dados de temperatura em cada tipo de cobertura apresentam condições ideais para a presença da espécie.

3.4 Discussão Final

A distribuição espacial de *Tropidurus torquatus* no Brasil, como apresentado na Figura 1, demonstra uma clara concentração da espécie nos biomas Cerrado e Mata Atlântica, corroborando estudos anteriores que a associam a ambientes abertos e bordas de floresta (Rodrigues, 1987; Vitt e Caldwell, 2014). Adicionalmente, a análise da Tabela 1 revela uma maior concentração de registros nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, o que pode indicar tanto uma maior abundância da espécie nesses locais quanto um possível viés de amostragem, como discutido por Boakes et al. (2010).

A influência da temperatura e precipitação na ocorrência de *Tropidurus torquatus* foi avaliada por meio de testes estatísticos. Os resultados, compilados em um arquivo do Excel no link <https://1drv.ms/x/s!Ao9Y2sU0xW3V6SFrDkIEMdHgGzgO?e=EnqWMQ>, indicaram que a precipitação média varia entre os tipos de cobertura vegetal, com diferenças significativas entre 'Afloramento Rochoso' e 'Formação Savânica'. Em contraste, as temperaturas mínimas e máximas médias não apresentaram diferenças significativas entre os tipos de cobertura, sugerindo que a espécie pode tolerar uma ampla faixa de temperaturas, desde que a cobertura vegetal ofereça condições adequadas para termorregulação, como apontado por Huey (1991).

4 CONCLUSÃO

A distribuição de *Tropidurus torquatus* concentra-se no Cerrado e Mata Atlântica, com maior ocorrência no Espírito Santo e Rio de Janeiro. A precipitação média varia entre os tipos de cobertura vegetal, especialmente entre 'Afloramento Rochoso' e 'Formação Savânica', enquanto as temperaturas mínimas e máximas médias não apresentam diferenças significativas. A espécie demonstra adaptabilidade a ambientes de borda ou abertos e ambientes antropizados, como 'Mosaico de Usos', 'Áreas Urbanizadas' e 'Pastagem'.

Vale ressaltar que este estudo representa uma análise preliminar da relação entre as variáveis climáticas, a cobertura vegetal e a ocorrência de *Tropidurus torquatus* no Brasil. Novas pesquisas com conjuntos de dados mais abrangentes e detalhados são necessárias para aprofundar a compreensão da ecologia da espécie e dos potenciais impactos das mudanças climáticas em sua distribuição. Adicionalmente, a incorporação de outras variáveis ambientais, como altitude, tipo de solo e disponibilidade de recursos alimentares, pode auxiliar na identificação de padrões mais complexos na distribuição da espécie.

REFERÊNCIAS

- ANGILLETTA JR, M. J. **Thermal adaptation: a theoretical and empirical synthesis**. New York: Oxford University Press, 2009.
- ARRUDA, J. L. S. **Análise do padrão de atividade e ecologia térmica do lagarto *Tropidurus torquatus* no sul do Brasil**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.
- BARROS, F. C.; SOUZA, C. N.; BRANDT, R.; ANDRADE, D. O. V.; KOHLSDORF, T. Fisiologia térmica em répteis não-avianos. In: Fisiologia Térmica de Vertebrados, 1 ed., São Paulo, SP: Cultura Acadêmica, 2020.
- BELLARD, C.; BERTELSMEIER, C.; LEADLEY, P.; THUILLER, W.; COURCHAMP, F. Impacts of climate change on the future of biodiversity. **Ecology letters**, v. 15, n. 4, p. 365-377, 2012.

BOAKES, Elizabeth H.; MCGOWAN, Philip J. K.; FULLER, Richard A.; CHANG-QING, Ding; CLARK, Natalie E.; O'CONNOR, Kim; MACE, Georgina M. D. Spatial and Temporal Bias in Species Occurrence Data. **PLoS Biology**, v. 8, n. 6, 2010.

FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 12, p. 4302-4315, 2017.

HORTAL, Joaquín; DE BELLO, Francesco; DINIZ-FILHO, José Alexandre F.; LEWINSOHN, Thomas M.; LOBO, Jorge M.; LADLE, Richard J. Seven Shortfalls that Beset Large-Scale Knowledge of Biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 46, n. 1, p. 523-549, 2015.

HUEY, R. B. Physiological consequences of habitat selection. **The American Naturalist**, v. 137, n. S1, p. S91-S115, 1991.

KIEFER, M. C.; BRITO, S. P.; VICENTE, J. J. Área de vida e ecologia termal do lagarto *Tropidurus torquatus* (*Squamata, Tropiduridae*). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 1, p. 189-194, 2005.

LIMA, A. K. S. **Resposta ontogenética a temperaturas de incubação potencialmente impostas pelo aquecimento global no lagarto *Tropidurus torquatus* (*Squamata: Tropiduridae*)**. 2021. Dissertação - Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

PIANKA, E. R. **Ecology and natural history of desert lizards: Analyses of the ecological niche and community structure**. Princeton: Princeton University Press, 1986.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 7.0 de Mapas Anuais de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. 2023. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 31 de Out. 2024.

ROCHA, C. F.; SLUYS, M. V.; VRCIBRADIC, D.; KIEFER, M. C.; MENEZES, V. A.; SIQUEIRA, C. C. Comportamento de termorregulação em lagartos brasileiros. **Oecologia Brasiliensis**, v. 17, n. 1, p. 115-131, 2013.

RODRIGUES, F. A.; SANTANA, A. A.; MORAIS, T. G. A. de; SOBRINHO, A. V. A. Influência da temperatura na sensibilidade térmica locomotora e fisiológica - uma revisão focada em lagartos *Tropidurus*. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 5, n. 2, 2024.

RODRIGUES, M. T. Sistemática, ecologia e zoogeografia dos *Tropidurus* do grupo *torquatus* ao sul do rio Amazonas (*Sauria, Iguanidae*). **Arquivos de Zoologia**, v. 31, n. 3, p. 105-230, 1987.

VITT, L. J.; CALDWELL, J. P. **Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles**. 5. ed. Amsterdam: Academic press, 2014.

VITT, L. J.; CALDWELL, J. P.; ZANI, P. A.; TITUS, T. A. The role of habitat shift in the evolution of lizard morphology: evidence from tropical *Tropidurus*. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 100, n. 1, p. 1868-1872, 2003.