



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS –
PPGERN

RAUL AZEVEDO

EFEITOS DO GRADIENTE DE ELEVAÇÃO EM ASSEMBLÉIAS DE ARANHAS
EDÁFICAS EM UM BREJO DE ALTITUDE CEARENSE

FORTALEZA

2023

RAUL AZEVEDO

EFEITOS DO GRADIENTE DE ELEVAÇÃO EM ASSEMBLÉIAS DE ARANHAS
EDÁFICAS EM UM BREJO DE ALTITUDE CEARENSE

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais – PPGERN do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor em Ecologia e Recursos Naturais. Área de Concentração: Ecologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Jober Fernando Sobczak.

Co-Orientador: Dr. André Felipe de Araújo Lira.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)

A988e Azevedo, Raul.
Efeitos do gradiente de elevação em assembléias de aranhas edáficas em um brejo de
altitude cearense / Raul Azevedo. – 2023.
96 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-
Graduação em Ecologia e Recursos Naturais - PPGERN , Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Jober Fernando Sobczak.
Coorientação: Dr. André Felipe de Araújo Lira.

1. Araneae. 2. Altitude. 3. Riqueza e abundância de aranhas. 4. Gradientes. I. Título.
CDD 572

RAUL AZEVEDO

EFEITOS DO GRADIENTE DE ELEVAÇÃO EM ASSEMBLÉIAS DE ARANHAS
EDÁFICAS EM UM BREJO DE ALTITUDE CEARENSE

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais – PPGERN do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor em Ecologia e Recursos Naturais. Área de Concentração: Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovado em: 25/09/2023

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Professor Dr. Jobert Fernando Sobczak
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB

Membro Externo: Professor Dr. André do Amaral Nogueira
Universidade Estadual Paulista – UNESP

Membro Externo: Professor Dr. Raimundo Nonato Costa Ferreira
Universidade Federal do Cariri – UFCA

Membro Externo: Professor Dr. Daniel Cunha Passos
Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA

Membro Externo: Professor Dr. Rafael Rios Moura
Universidade Estadual de Minas Gerais - UEMG

RESUMO

O presente trabalho elenca os resultados de uma pesquisa contínua de média duração (13 meses de pesquisa) realizada em um Brejo de Altitude no estado do Ceará. Foram estudados os efeitos do gradiente de elevação (de 373 a 1114m). Investigamos ao longo de 13 meses como a variação do gradiente de elevação influenciou a variação da riqueza de espécies de aranhas edáficas, bem como a ocorrência do Efeito Rapoport; como o gradiente de elevação aumenta a pluviosidade e como esse aumento da pluviosidade aumenta a abundância da macrofauna coletada e das aranhas edáficas ao longo de 13 meses de amostragens. Os resultados obtidos permitiram observar a diminuição inicial e posterior aumento da riqueza de espécies em função do aumento do gradiente de elevação, contrariando assim, os modelos climáticos existentes que correlacionam riqueza de espécies e gradientes de elevação. Os dados também demonstraram a ocorrência do Efeito Rapoport. Os dados obtidos também demonstram que o gradiente de elevação modifica como as aranhas edáficas respondem a variação da pluviosidade e a variação a macrofauna.

Palavras-chave: Araneae; altitude; riqueza e abundância de aranhas; gradientes.

ABSTRACT

The present work lists the results of a continuous research of medium duration (13 months of research) carried out in a Brejo de Altitude in the state of Ceará. The effects of the elevation gradient (from 373 to 1114m) on diversity of spiders were studied. We investigated over 13 months how the elevation gradient variation influenced the variation in species richness of edaphic spiders, as well as the occurrence of the Rapoport Effect; how the elevation gradient increases rainfall and how this increase in rainfall increases the abundance of collected macrofauna and edaphic spiders over thirteen months of sampling. The results obtained allowed observing the initial decrease and subsequent increase in species richness as a function of the increase in the elevation gradient, thus contradicting the existing climate models that correlate species richness and elevation gradients. The data also demonstrated the occurrence of the Rapoport Effect. The obtained data also demonstrate that the elevation gradient modifies how the edaphic spiders respond to rainfall variation and macrofauna variation.

Keywords: Araneae; altitude; richness and abundance of spiders; gradients.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	6
2	CAPÍTULO 1 – ARTIGO SUBMETIDO E ACEITO PELA REVISTA NORDESTINA DE ZOOLOGIA: EFEITOS DO GRADIENTE DE ELEVAÇÃO NOS PADRÕES DE DIVERSIDADE DE COMUNIDADES DE ARACNÍDEOS NEOTROPICAIS	16
3	CAPÍTULO 2 – ARTIGO SUBMETIDO A REVISTA STUDIES ON NEOTROPICAL FAUNA AND ENVIRONMENT: EFEITOS DO GRADIENTE DE ELEVAÇÃO NA RIQUEZA DE ESPÉCIES DE ARANHAS EDÁFICAS NO ESTADO DO CEARÁ.....	35
4	CAPÍTULO 3 - MANUSCRITO A SER SUBMETIDO A REVISTA MOUNTAIN ECOLOGY: EFEITOS DA VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM UMA ASSEMBLEIA DE ARANHAS EDÁFICAS DISTRIBUÍDA EM UM GRADIENTE DE ELEVAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	62
5	CONCLUSÃO GERAL	84
	REFERÊNCIAS	85

1 INTRODUÇÃO GERAL

A distribuição de espécies é delimitada entre outros fatores, por padrões abióticos e geográficos, distribuídos ao longo de gradientes, como elevação, latitude e profundidade (Brown; Lomolino, 1998). Por exemplo, gradientes de elevação mostram como a riqueza de espécies se distribui em função das faixas de altitude em uma determinada área ou local (Brown; Lomolino, 1998). Contudo, os gradientes de elevação variam geograficamente independentemente da latitude (Begon *et al.*, 2007) e de acordo com o princípio da autocorrelação espacial, as condições variam de forma não-aleatória ao longo de gradientes geográficos (Legendre, 1993).

Embora os padrões de riqueza de espécies associados a gradientes de elevação possam ser explicados por fatores climáticos, biológicos e geográficos (Rahbek, 1995; Lomolino, 2001), observam-se variações. Ao longo destes gradientes ocorre uma variação da temperatura, produtividade primária, área disponível para ocupação, quantidade de recursos alimentares, além de mudanças na complexidade do habitat, nas interações interespecíficas, no balanço hídrico, na umidade e na pressão parcial de O₂ e CO₂, e um aumento da radiação ultravioleta ao longo de uma curta faixa espacial (Siqueira; Rocha, 2013). Portanto, gradientes de elevação podem ser considerados como um substituto para o conjunto de fatores abióticos e bióticos que influenciam a estrutura das comunidades (Rahbek, 2005)

O conceito biogeográfico de ilhas pode ser aplicado tanto em áreas de pequenas dimensões, como em áreas com grandes extensões espaciais (Mac Arthur; Wilson, 1967). A Teoria de Biogeografia de Ilhas proposta por Mac Arthur e Wilson, (1967) é embasada em três conceitos fundamentais: (1) – a relação espécies-área; (2) – a relação entre o isolamento das espécies e a distância entre as ilhas, e (3) – a rotatividade das espécies (Brown; Lomolino, 1998).

De acordo com Mac Arthur e Wilson (1967), o número de espécies que habita uma ilha é o resultado do equilíbrio entre as taxas de colonização e extinção (que são influenciadas pelas taxas de emigração e imigração). Esse equilíbrio também leva em consideração o tamanho da ilha, pois, quanto maior o tamanho da ilha, maior o tamanho das populações existentes. A distância da ilha (dreno) em relação ao continente (fonte) também influencia as taxas de emigrações, e portanto, de colonizações de ilhas.

Ecosistemas montanhosos são pequenos e isolados de outras áreas montanhosas de forma análoga a ilhas. Neles, pode haver taxas de extinção relativamente altas e baixas

taxas de colonização das porções mais elevadas pelas populações de espécies que ocupam as porções mais baixas (Mac Arthur e Wilson 1967). A biogeografia de ilhas foi testada inicialmente em gradientes elevacionais utilizando aves como organismos modelo, mostrando que as áreas mais elevadas não compartilham espécies com os estratos mais baixos (Mac Arthur, 1972).

O declínio na riqueza de espécies em função do aumento da elevação do relevo é tido como um padrão (Rahbek, 1995), porém essa generalização não se aplica para todos os táxons (Owen, 1990) e localidades (Almeida-Neto *et al.*, 2006). Conseqüentemente, o isolamento e a diminuição da área das porções mais elevadas influenciam apenas parcialmente a tendência de diminuição da riqueza de espécies em função do aumento no gradiente de elevação, conhecido como Efeito Rapoport (Stevens, 1992).

A relação entre a riqueza de espécies e gradientes de elevação pode declinar linearmente (Graham, 1980; Hunter; Yonzon, 1993) ou pode expressar um pico maior em elevações intermediárias (Janzen, 1973; Terborgh, 1977; Rahbek, 2005). Aparentemente, o pico de riqueza em elevações intermediárias seguido pelo seu declínio parece ser mais comum que o declínio linear da riqueza de espécies em função do gradiente de altitude (Rahbek 1995, Almeida-Neto *et al.* 2006) e vice-versa.

Para explicar a ocorrência do Efeito Rapoport, foi proposto o *Efeito Resgate* (Brown; Kodric-Brown, 1977), onde reportam a emigração das espécies de elevações maiores para as menores. Contudo, a ocorrência do Efeito de Rapoport não indica necessariamente a ocorrência do Efeito Resgate (Almeida *et al.*, 2006).

Em ambientes semiáridos, estudos realizados em gradientes de elevação têm mostrado efeitos distintos, corroborando ou não com o Efeito Rapoport (Ferraz *et al.*, 2003; Silveira *et al.*, 2020). Por exemplo, no domínio semiárido do Nordeste Brasileiro, em áreas inseridas em estratos mais elevados, são encontradas uma maior densidade de plantas e distinção na fitofisionomia partindo da vegetação de Caatinga para floresta úmida (Ferraz *et al.*, 2003). A composição das espécies de plantas também se diferencia em função do gradiente de elevação, contudo a riqueza de espécies não aumenta linearmente em função do aumento do gradiente (Santos *et al.*, 2007). Já em áreas mais úmidas do semiárido, como no Maciço do Baturité, no estado do Ceará, Silveira *et al.* (2020) observaram que a riqueza de espécies de plantas aumenta em função do gradiente de elevação de 500 a 1000 metros.

Nesse sentido, as aranhas são consideradas bons organismos modelos para abordagens ecológicas e biogeográficas pois constituem um grupo de animais predadores mega diverso que são amplamente distribuídos, apresentam abundância elevada, são fáceis de coletar por métodos simples e padronizados (Wise, 1993; Tourinho; Hung, 2020; WSCA, 2023).

Assim, foi observado que a riqueza de espécies de aranhas pode decrescer linearmente ou apresentar maior riqueza de espécies nas porções extremas dos gradientes de elevação (Otto; Svensson, 1982; Boswman *et al.* 1986; McCoy, 1990), sugerindo assim que o local onde o gradiente de elevação está inserido influencia o padrão de riqueza de espécies existente. A tendência à redução da riqueza de espécies pode ser associada à diminuição da produção primária / disponibilidade de recursos (Lawton *et al.*, 1987; Srivastava; Lawton, 1998); complexidade do habitat (Kerr; Packer, 1997); ou reforçada devido ao aumento de condições não favoráveis (Tenow, 1973).

Considerando que ainda não está esclarecido como o gradiente de elevação afeta as assembleias de aranhas, postulamos a seguinte pergunta: ***Considerando o gradiente de elevação existente no Maciço do Baturité, como a riqueza de espécies de aranhas edáficas se distribui ao longo do gradiente de elevação em área de brejo de altitude no semiárido?*** Desse modo, atribuímos as seguintes hipóteses e predições: ***Hipótese 1:*** Ao longo de um gradiente de elevação, a riqueza de espécies nas assembleias de aranhas diminuirá, sugerindo a ocorrência do Efeito *Rapoport*. Assim, acreditamos que: **Predição 1:** As espécies de distribuição mais ampla serão encontradas em todos os extratos.

Paralelo aos efeitos do gradiente de elevação em si, a ocorrência e abundância das espécies varia em escala temporal mensal, anual e interanual (Schoener, 1974), e essa variação da abundância das espécies resulta da interação de processos bióticos e abióticos, vinculados à disponibilidade de água (Tauber *et al.*, 1986; Wolda, 1988). Assim, os artrópodes respondem a esses fatores exibindo alterações na densidade populacional e em sua diversidade (Hodkinson, 2005).

Para áreas inseridas no domínio semiárido brasileiro, observa-se um aumento na riqueza de espécies, assim como na densidade e atividade de indivíduos durante a estação chuvosa, especialmente para comunidades de insetos (Moura *et al.*, 2006a, b; Hernández, 2007; Vasconcellos *et al.*, 2007, 2010). Artrópodes predadores, tais como escorpiões e

aranhas também aumentam sua densidade / atividade, respondendo ao aumento da abundância de insetos (Araújo *et al.*, 2010; Carvalho *et al.*, 2015; Lira *et al.*, 2018).

E no ambiente edáfico, as aranhas são influenciadas pela variação pluviométrica e umidade do solo (Hatley; MacMahon 1980, Arango *et al.*, 2000; Langlands *et al.*, 2006), umidade relativa do ar e temperatura (Cardoso *et al.*, 2007; Mineo *et al.*, 2010). Para comunidades de aranhas associadas a gradientes de elevação, as mudanças na abundância e composição da fauna de aranhas são associadas a mudanças na temperatura e umidade (Malumbres-Olarte *et al.*, 2018). Portanto, percebe-se que o tipo de ambiente em função de sua pluviosidade influencia a riqueza de espécies, bem como a fenologia das aranhas (Romero; Vasconcellos-Neto, 2003; Langlands *et al.*, 2006; Carvalho *et al.*, 2015).

Assim, os gradientes de elevação inseridos no semiárido brasileiro permeiam a ocorrência de uma maior pluviosidade e chuvas orográficas, apresentando condições mais amenas (Prado 2003; Leal *et al.* 2005), bem como fauna e flora diferenciada quando comparada com a da Caatinga (Werneck, 2011), no entanto, apesar das peculiaridades apresentadas, estão sujeitos aos mesmos padrões sazonais do semiárido brasileiro.

Desse modo, questionamos: ***Como a pluviosidade afeta a ocorrência temporal das espécies de aranhas edáficas numa área de Brejo de Altitude?*** Para responder tal pergunta, propomos que a ***Hipótese 1***: A abundância e riqueza de espécies varia de forma positiva e sincrônica com a variação temporal e sazonal da pluviosidade. Assim, esperamos que a ***Predição 1***: a abundância e a riqueza sejam positivamente correlacionadas com o aumento da pluviosidade. Questionamos também: ***Como a abundância e riqueza das aranhas varia em função da flutuação temporal dos insetos edáficos e em função da variação pluviométrica?*** Considerando que há variação na abundância de insetos, propomos como ***Hipótese 1***: Existe correlação entre a abundância e riqueza das espécies de aranhas edáficas e a variação temporal das presas. Portanto, esperamos demonstrar por meio da ***Predição 1***: que a abundância e riqueza das espécies de aranhas seja positivamente correlacionada com a abundância dos insetos edáficos.

Considerando o exposto, entendemos que o projeto contribuiu para compreender como as assembleias de aranhas edáficas foram influenciadas pela interação do gradiente de altitude e variáveis abióticas. Desse modo, suprimos as expectativas em conhecer quais espécies apresentam distribuição altitudinal mais ampla e quais apresentam distribuição mais

restrita e como a pluviosidade afeta as assembleias de aranhas em áreas com maior histórico pluviométrico no Domínio semiárido brasileiro. Além disso, verificamos quais as espécies apresentaram maior tolerância à variação da pluviosidade e temperatura, e conseqüentemente, que apresentaram maior distribuição ao longo do gradiente de altitude. Desse modo, contribuimos para entender como os fatores abióticos em um ambiente sazonal afetam as comunidades de aranhas ocorrentes em gradiente de altitude em áreas mais úmidas do domínio semiárido.

A presente tese foi proposta em três capítulos: O primeiro constitui de um artigo de revisão sobre os estudos realizados sobre os efeitos do gradiente de elevação em comunidades de aracnídeos neotropicais. O segundo enfocou os efeitos da influência do gradiente de elevação na riqueza de espécies das assembleias de aranhas edáficas em uma área de Brejo de Altitude, de modo que foi testado a ocorrência do Efeito Rapoport para aranhas edáficas no Brejo de Altitude. O terceiro abordou os efeitos do gradiente de elevação na variação pluviométrica anual das assembleias de aranhas edáficas em uma área de Brejo de Altitude.

Essa foi a primeira iniciativa a executada de forma sistemática de ecologia de comunidades, envolvendo aranhas em áreas úmidas do semiárido e com amostragem padronizada de média duração (13 meses). Além disso, os dados que foram coletados acrescentaram um pouco sobre história natural das espécies existentes, assim como foram registrados novos registros geográficos, e novas espécies para o estado do Ceará foram catalogadas considerando os escassos registros de ocorrência da fauna de aranhas nesse ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA-NETO, M.; MACHADO, G.; PINTO-DA-ROCHA, R.; GIARETTA, A.A. 2006. Harvestman (Arachnida:Opiliones) species distribution along three Neotropical elevational gradients: an alternative rescue effect to explain Rapoport's rule? **Journal of Biogeography**, 33:361-375.

ARANGO, A.M.; RICO-GRAY, V.; PARRA-TABLA, V. 2000. Population structure, seasonality, and habitat use by the green lynx spider *Peucetia viridans* (Oxiopidae) inhabiting *Cnidocolus aconitifolius* (Euphorbiaceae). **Journal of Arachnology**, 28:185–194.

ARAÚJO, C.S.; CANDIDO, D.M.; ARAÚJO, H.F.; DIAS, S.C.; VASCONCELLOS, A. 2010. Seasonal variations in scorpion activities (Arachnida: Scorpiones) in an area of Caatinga vegetation in northeastern Brazil. **Zoologia**, 27(3): 372-376.

BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. 2007. **Ecologia de Indivíduos a Ecossistemas**. 4ªed, Artmed, Porto Alegre.

BROWN, J.H.; KODRIC-BROWN, A. 1977. Turnover rates in insular biogeography: effect of immigration on extinction. **Ecology**, 58:445-449.

BROWN, J.H.; LOMOLINO, M.V. 1998. **Biogeography**. Sunderland: Sinauer.

CARVALHO, L.S.; SEBASTIAN, N.; ARAÚJO, H. F.; DIAS, S. C.; VENTICINQUE, E.; BRESCOVIT, A. D.; VASCONCELLOS, A. 2015. Climatic variables do not directly predict spider richness and abundance in semiarid Caatinga vegetation, Brazil. **Environmental Entomology**, 44(1):54-63.

FERRAZ, E.M.N.; RODAL, N.; SAMPAIO, E.V.S.B. 2003. Physiognomy and structure of vegetation along an altitudinal gradient in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Phytocoenologia**, 33: 71-92.

GRAHAM, G.L. 1990. Bats versus birds: comparisons among Peruvian volant vertebrate faunas along an elevational gradient. **Journal of Biogeography**, 17: 657-668.

HATLEY, C.; MACMAHON, J. 1980. Spider community organization: seasonal variation and the role of vegetation architecture. **Environmental Entomology**, 9:632–639.

HERNÁNDEZ, M.I.M. 2007. Besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da caatinga paraibana, Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, 11(3): 356-364.

HODKINSON, I.D. 2005. Terrestrial insects along elevation gradients: Species and community responses to altitude. **Biological Reviews**, v.80, p.:489 – 513.

HUNTER, M.L.; YONZON, P. 1993. Altitudinal distribution of birds, mammals, people, forests, and parks in Nepal. **Conservation Biology**, 7: 420-423.

JANZEN, D.H. 1973. Sweep samples of tropical foliage insects: effects of season, vegetation types, elevation, time of day, and insularity. **Ecology**, 54: 687-708

KERR, J.T.; PACKER, L. Habitat heterogeneity as a determinant of mammal species richness in high-energy regions. **Nature**, 385(6613):252, 1997.

LANGLANDS, P.R.; BRENNAN, K.E.C.; PEARSON, D.J. 2006. Spiders, spinifex, rainfall and fire: Long-term changes in an arid spider assemblage. **Journal of Arid Environments**, 67: 36–59.

LAWTON, J.H.; MAC GARVIN, M.; HEADS, P.A. 1987. Effects of altitude on the abundance and species richness of insect herbivores on bracken. **Journal of Animal Ecology**, 56: 147- 160.

LEAL, I.R.; SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; LACHER, T.E. 2005. Changing the course of biodiversity conservation in the Caatinga of Northeastern Brazil. **Conservation Biology**, 19:701–706.

LEGENDRE, P. 1993. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? **Ecology**, 74: 1659-1673

LIRA, A.F.A.; DESOUZA, A.M.; ALBUQUERQUE, C.M.R. 2018. Environmental variation and seasonal changes as determinants of the spatial distribution of scorpions (Arachnida: Scorpiones) in Neotropical forests. **Canadian Journal of Zoology**, 96(9): 963-972.

LOMOLINO, M.V. 2001. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. **Global Ecology and biogeography**, 10(1): 3-13.

MALUMBRES-OLARTE, J.; CRESPO, L.; CARDOSO, P.; SZÚTS, T.; FANNES, W.; PAPE, T.; SCHARFF, N. 2018. The same but different: equally megadiverse but

taxonomically variant spider communities along an elevational gradient. **Acta Oecologica**, 88, 19-28.

MAC ARTHUR, R.H. 1972. **Geographical Ecology**. Harper and Rowe Publishers, New York, NY. 269p.

MAC ARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. 1967. **The theory of island biogeography**. Princeton University Press.

MCCOY, E.D. 1990. The distribution of insects along elevational gradients. **Oikos**, v.58, p.: 313-322.

MINEO, M.F.; DEL-CLARO, K.; BRESCOVIT, A.D. 2010. Seasonal variation of ground spiders in a Brazilian Savanna. **Zoologia**, 27: 353–362.

MOURA, F.M.S.; VASCONCELLOS, A.; ARAÚJO, V.F.P.; BANDEIRA, A.G. 2006a. Seasonality in foraging behaviour of *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Nasutitermitinae) in the Caatinga of northeastern Brazil. **Insectes Sociaux**, 53(4): 472-479.

MOURA, F.M.S., A. VASCONCELLOS, V.F.P. ARAÚJO; BANDEIRA, A.G. 2006b. Feeding habit of *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera, Termitidae) in an area of caatinga, Northeast Brazil. **Sociobiology**, 48: 21-26.

OTTO, C.; SVENSSON, B.S. 1982. Structure of communities of ground-living spiders along altitudinal gradients. **Holarctic Ecology**, 5: 35-47.

OWEN, J.G. 1990. Patterns of mammalian species richness in relation to temperature, productivity, and variance in elevation. **Journal of Mammalogy**, 71: 1-13.

PRADO, D. 2003. **As caatingas da América do Sul**. In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC (eds). *Ecologia e conservação da Caatinga*. Editora Universitária da UFPE, Recife, pp 3–73.

RAHBEK, C. 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? **Ecography**, 18: 200-205.

RAHBEK, C. 2005. The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns. **Ecology Letters**, 8:224-239.

- ROMERO, G.Q.; Vasconellos-Neto, J. 2003. Natural history of *Misumenops argenteus* (Thomisidae): seasonality and diet on *Trichogoniopsis adenantha* (Asteraceae). **The Journal of Arachnology**, 31:297–304.
- SCHOENER, T.W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. **Science**, 185(4145): 27-39.
- SANTOS, B.A.; BARBOSA, D.C.A.; TABARELLI, M. 2007. Directional changes in plant assemblages along an altitudinal gradient in northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 67: 777-779.
- SILVEIRA, A.P.; LOIOLA, M.I.B. GOMES, V.S.; LIMA-VERDE, L.W.; OLIVEIRA, T.S.; SILVA, E.F.; OTUTUMI, A.T.; RIBEIRO, K.A.; XAVIER, F.A.S.; BRUNO, M.M.A.; SOUZA, S.S.G.; ARAÚJO, F.S. 2020. Flora of Baturité, Ceará: a Wet Island in the Brazilian Semiarid. **Floresta e Ambiente**; 27(4): e20180320.
- SIQUEIRA, C.C.; ROCHA, C.F.D. 2013. Gradientes altitudinais: conceitos e implicações sobre a biologia, a distribuição e a conservação dos anfíbios anuros. **Oecologia Australis**, 17(2): 282-302.
- SRIVASTAVA, D.S.; LAWTON, J.H. 1998. Why more productive sites have more species: an experimental test of theory using tree-hole communities. **American Naturalist**, 152(4):510-529.
- STEVENS, G.C. 1992. The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapaport's latitudinal rule to altitude. **The American Naturalist**, 140: 893-911.
- TAUBER, M.J.; TAUBER, C.A.; MASAKI, S. 1986. **Seasonal adaptations of insects**. Oxford University Press on Demand.
- TENOW, O. 1973 Topoclimatic limitations to the outbreaks of *Epirrita* (= *Oporinia*) *autumnata* (Bkh.) (Lepidoptera: Geometridae) near the forest limit of the mountain birch in Fenoscandia. **Nordicana**, 47::159-164.
- TOURINHO, A.L.M.; LO-MAN-HUNG, N. Standardized Sampling Methods and Protocols for Harvestman and Spider Assemblages. In: SANTOS, J.C.; FERNANDES, G. W. (Ed.) . **Measuring arthropod biodiversity: a handbook of sampling methods**. Cham, Switzerland: Spring Nature, 2021. p. 365–402.

TERBORGH, J. 1977. Bird species diversity on Andean elevation gradient. *Ecology*, 58: 1007-1019.

VASCONCELLOS, A.; ARAÚJO, V.F.; MOURA, F.; BANDEIRA, A.G. 2007. Biomass and population structure of *Constrictotermes cyphergaster* (Silvestri) (Isoptera: Termitidae) in the dry forest of Caatinga, Northeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, 36(5):693-698.

VASCONCELLOS, A.; ANDREAZZE, R.; ALMEIDA, A.M.; ARAÚJO, H.F.; OLIVEIRA, E.S.; OLIVEIRA, U. 2010. Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 54(3): 471-476.

WERNECK, F. P. 2011. The diversification of eastern South American open vegetation biomes: Historical biogeography and perspectives. **Quaternary Science Reviews**, 30:1630–1648.

WISE, D.H. 1993. **Spiders in Ecological Webs**. 328p. Cambridge University Press, New York, NY.

WOLDA, H. 1988. Insect Seasonality: Why? **Annual Review of Ecology and Systematics**, 19:1-18.

WSCA. **World Spider Catalog Version 23.5**. Bern, Natura. Disponível em: <<http://wsc.nmbe.ch>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

2 CAPÍTULO 1 – ARTIGO SUBMETIDO E ACEITO PELA REVISTA NORDESTINA DE ZOOLOGIA: EFEITOS DO GRADIENTE DE ELEVAÇÃO NOS PADRÕES DE DIVERSIDADE DE COMUNIDADES DE ARACNÍDEOS NEOTROPICAIS

Raul Azevedo^{1,2*}, André Felipe de Araujo Lira³, Jober Fernando Sobczak^{1,4}

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais – PPGERN. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, Ceará, Brasil.

² Laboratório de Entomologia. Universidade Federal do Cariri. Crato, Ceará, Brasil.

³ Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil.

⁴Laboratório de Ecologia e Evolução. Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. Redenção, Ceará, Brasil.

* Corresponding author: raul.azevedo@ufca.edu.br

Resumo

No presente trabalho, os efeitos do gradiente de altitude nas assembleias de aracnídeos ao longo de ecossistemas montanhosos na região Neotropical foram revisados. A influência dos gradientes elevacionais na distribuição de organismos vivos e na riqueza e abundância de espécies de aracnídeos varia em função do aumento da altitude em toda a região Neotropical. Observou-se artigos publicados focando apenas quatro ordens de aracnídeos, sendo que a maioria deles foi desenvolvida utilizando aranhas como modelo de estudo. Observou-se uma tendência de diminuição da riqueza de espécies com o aumento do gradiente elevacional ao longo dos estudos. Houve um aumento no número de artigos publicados e na prevalência de estudos realizados no Brasil, o que também reforça a importância da complexidade da vegetação para os aracnídeos ao longo dos gradientes altitudinais. Desse modo, sugerimos que fatores como variáveis climáticas, bem como aspectos da vegetação e serapilheira seja quantificados para ajudar a compreender os efeitos do gradiente de elevação em comunidades de aracnídeos.

Palavras chave: Distribuição de Espécies, Abundância, Riqueza, Complexidade da Vegetação.

Abstract

In the present work, the effects of altitudinal gradient on arachnid assemblages along mountainous ecosystems in the Neotropical region were reviewed. The influence of elevational gradients on the distribution of living organisms and the richness and abundance of arachnid species varies as a function of increased altitude throughout the Neotropical region. It was observed that published articles focused on four arachnid orders only, and most of them were developed using spiders as an organism model. A trend in species richness decrease with the increase of elevational gradient was observed along the studies. There has been an increase in the number of published articles and the prevalence of studies conducted in Brazil, and they also reinforce the importance of vegetation complexity for arachnids along elevational gradients. Therefore, we suggest that climatic variable factors, as well as aspects of vegetation and litter be quantified to help understand the effects of elevation gradient on arachnid communities.

Key words: Species distribution, Abundance, Richness, Vegetation complexity.

Introdução

A biodiversidade não é distribuída aleatoriamente no espaço (Morrone 2014, 2015) e está sujeita a condições ambientais que podem limitar sua distribuição (e.g., Janzen 1967; Legendre 1993; Barry 2008, Vellend et al. 2010). Ao longo dos gradientes de elevação, as variações na estrutura do habitat normalmente afetam negativamente a riqueza de espécies em altitudes mais altas (Lomolino 2001; Rahbek 2005). No contexto neotropical, fatores climáticos e abióticos como a temperatura não costumam atingir temperaturas frias extremas como visto em montanhas temperadas, e a precipitação tende a aumentar com o aumento da altitude, principalmente em regiões áridas, independentemente da latitude (Barry 2008).

No entanto, um padrão contrastante também pode ser encontrado com o aumento da riqueza de espécies no topo da montanha, como é observado para plantas no domínio semiárido (Silveira et al. 2020). Portanto, o padrão de riqueza de espécies associado a um gradiente elevacional pode ser resultado de processos ecológicos que criaram condições favoráveis para a ocupação de regiões com maior altitude em áreas semiáridas, e evolutivos que favoreceram a fixação de adaptações que permitem às espécies ocuparem ou migrarem

entre áreas com diferentes altitudes (Lomolino 2001; McCain & Grytness 2010; González-Reyes et al. 2017).

Para explicar esses padrões de diversidade, foram propostas regras macroecológicas: o efeito Rapoport, o efeito do domínio central (Mid domain effect - MDE) e o efeito Resgate Alternativo (Stevens 1992; Rahbek 2005; Colwell & Lees 2000; Almeida-Neto et al. 2006). De acordo com o Efeito Rapoport, as espécies de altitudes elevadas são mais tolerantes às variações climáticas e apresentam menos requisitos para ampliar sua faixa de altitude em direção a baixas altitudes (Stevens 1992), reduzindo assim a sua diversidade de espécies. O efeito de domínio central é destacado por um limite estabelecido pela sobreposição de espécies associado a um domínio geográfico fechado, relacionado à distribuição de espécies (Colwell & Lees 2000). O Efeito Resgate Alternativo postula que espécies com maior amplitude elevacional estão associadas a cotas mais baixas / intermediárias (Almeida-Neto et al. 2006).

De acordo com McCain & Grytnes (2010), os padrões de riqueza de espécies em função dos gradientes de elevação se enquadram em quatro tipos: decrescente, platô baixo, platô baixo com pico de elevação média e pico de elevação média (Figura 1). Esses quatro padrões resultam, respectivamente, de uma diminuição monotônica da riqueza de espécies ao longo do gradiente de elevação, alta riqueza em altitude superior a 300m seguida por uma diminuição da riqueza de espécies, maior riqueza de espécies e diversidade máxima em baixas altitudes (abaixo de 300m) e, pelo menos, um pico unimodal de riqueza de espécies com 25% a mais de espécies que a base e o topo da montanha.

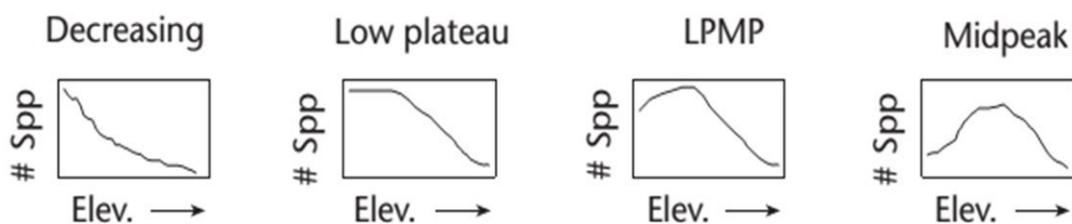


Figura 1: Padrões elevacionais da riqueza de espécies. Adaptado de Mc Cain 2009.

A região Neotropical compreende as Américas do Sul e Central e parte do sul da Flórida e do México (Morrone 2014b). Essa região é considerada a de maior riqueza de espécies entre as seis regiões biogeográficas do planeta (Morrone 2017). No entanto, estudos abordando os efeitos de gradientes de elevação na biodiversidade Neotropical concentram-se

principalmente em vertebrados e plantas (e.g., McCain 2004; 2007; Lippok et al. 2014; Silveira et al. 2020). Segundo McCain (2009, 2010), a variação do padrão de riqueza de espécies de vertebrados ao longo dos gradientes altitudinais está ligada ao táxon, e todos os quatro padrões citados no parágrafo anterior podem ser observados. Picos de riqueza de espécies em função de altitude média representam 45% dos padrões observados. Também é notado que todos os quatro padrões citados acima podem ser observados em invertebrados (McCain & Grytness 2010).

O estudo de um importante componente da biodiversidade Neotropical também foi incrementado – os artrópodes (Olson 1994; Herzog et al. 2013; Castro et al. 2019). Este táxon constitui o mais biodiverso do planeta e atua em diversas funções do ecossistema, como polinização, ciclagem de nutrientes e de energia (Triplehorn & Johnson 2005). Entre os grupos de artrópodes, as informações sobre aracnídeos são especialmente escassas, principalmente em áreas ao longo de gradientes altitudinais.

Os aracnídeos constituem um importante grupo de artrópodes predadores capazes de exercer influência sobre o fluxo de energia do ecossistema que habitam (Beccaloni 2009). Além disso, estudos prévios indicam que os aracnídeos são bons para estudos ecológicos devido à sua sensibilidade às mudanças de habitat (por exemplo, Scott et al. 2006; Lo-Mang Hung et al. 2011; Lira et al. 2021; Olivero et al. 2021) e poucos estudos investigaram os efeitos da elevação em modelos macroecológicos (Almeida-Neto et al. 2006; Nogueira et al. 2021a,b).

Portanto, para preencher esta lacuna e fornecer direcionamento para pesquisas futuras, o objetivo deste estudo foi analisar os efeitos do gradiente de elevação nas comunidades de aracnídeos neotropicais, testando a hipótese geral que os estudos sobre as comunidades de aracnídeos analisados apresentarão tendência à redução da sua riqueza de espécies. Assim, buscamos contribuir com uma visão do conhecimento atual sobre o efeito da elevação nas comunidades de aracnídeos na região Neotropical.

Material e métodos

Pesquisa de conjunto de dados

Foi realizada uma busca por publicações científicas de 1990 a 2021 usando os bancos de dados Google Scholar e Web of Science. Foram utilizadas as seguintes palavras-chave:

Araneae, aranha, Scorpiones, escorpião, Opiliones, opilião, Telyphonida, Pseudoscorpiones; pseudoscorpion, Amblipigy, Schizomida, Palpigradi, Ricinulei, Solifugae, região Neotropical, gradiente elevacional. Apenas os estudos que abordaram os efeitos da elevação na diversidade de aracnídeos foram considerados. Assim, as descrições de espécies foram excluídas.

Resultados

Obteve-se um total de 6.740 estudos científicos. Destes, 1,9% (n = 13) atenderam aos critérios de inclusão e foram utilizados (Tabela S1). Foram encontrados estudos desenvolvidos com foco em apenas quatro ordens de aracnídeos: Araneae, Scorpiones, Pseudoscorpiones e Opiliones (Figura 2), sendo que a maioria dos estudos foi realizada com aranhas, correspondendo a 62% do total (Figura 2).

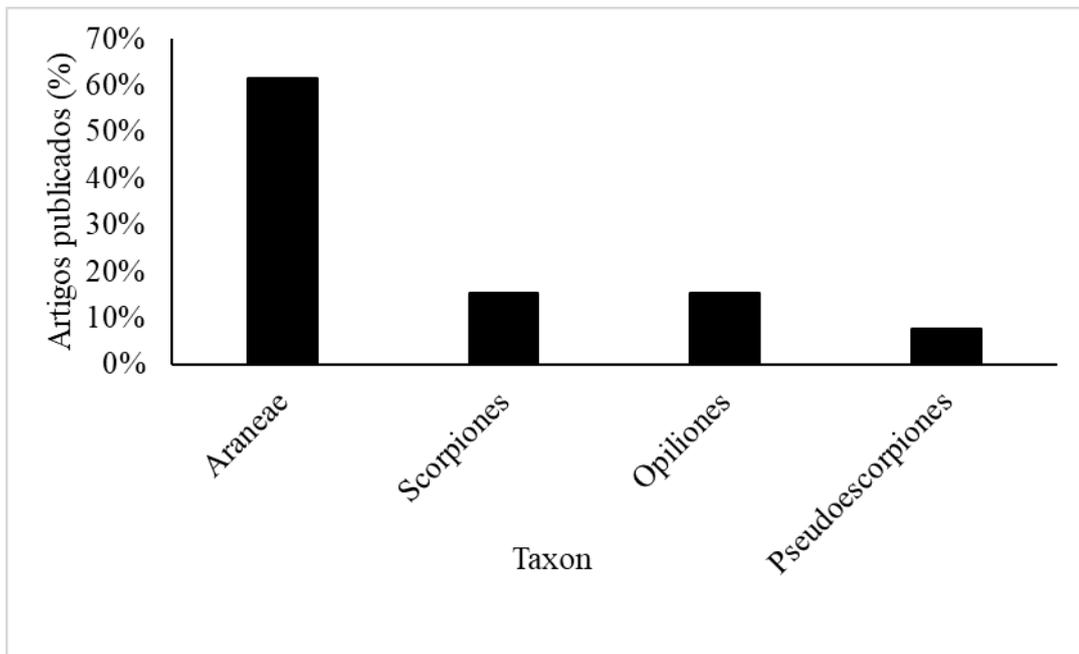


Figura 2: Número de trabalhos científicos (em %) publicados por ordens de aracnídeos em gradiente elevacional na região Neotropical.

Observou-se que a maioria dos estudos realizados (81%, n=10) não exibiu ou informou um padrão claro de diminuição ou aumento da abundância e riqueza de espécies em direção ao topo do gradiente de elevação. Os estudos que informaram o padrão de riqueza de espécies foram representados por um padrão divergente para aranhas (aumento da riqueza de espécies no Bioma Caatinga e diminuição da riqueza de espécies para a Floresta Amazônica) e uma diminuição da riqueza de espécies para opiliões na Mata Atlântica.

Apenas um estudo foi realizado em altitude inferior a 1.000 m.a.s.l. e a maioria dos outros estudos realizados apresentaram sua altitude máxima superior a 2.000 m.a.s.l. (Tabela S1). Com exceção de um estudo desenvolvido com pseudoescorpiones, observou-se uma média de seis transectos por estudo. A principal metodologia utilizada foi armadilha de queda e busca manual, seguida de guarda-chuva entomológico para levantamento de aranhas. Com exceção de um estudo, a maioria dos estudos citados utilizou apenas uma metodologia.

54% Dos estudos foi desenvolvida no Brasil ($n = 7$) (Figura 3). Outros estudos foram desenvolvidos na Argentina, Colômbia, Equador e México (Tabela S1). Uma tendência crescente nos estudos que testam os efeitos do gradiente de elevação na diversidade de aracnídeos na região Neotropical é mostrada ao longo do tempo (Figura 4).

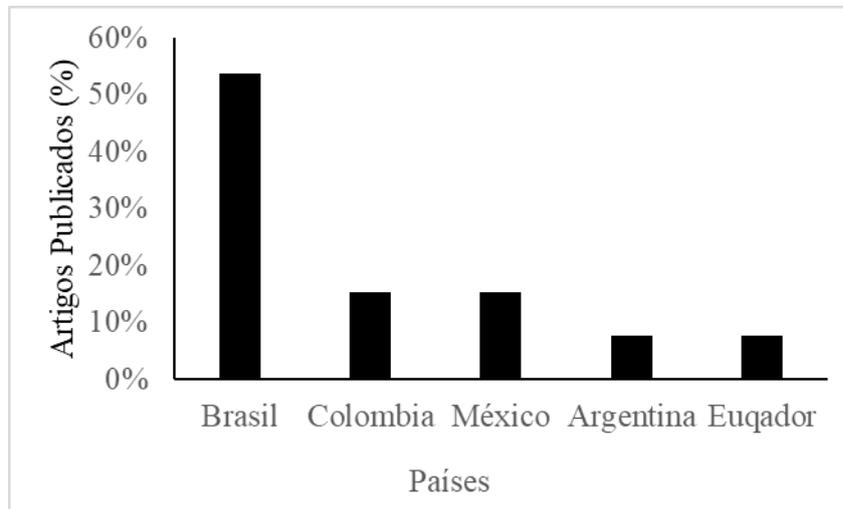


Figura 3: Número de trabalhos científicos (em %) sobre a região Neotropical publicados por países com gradiente elevado.

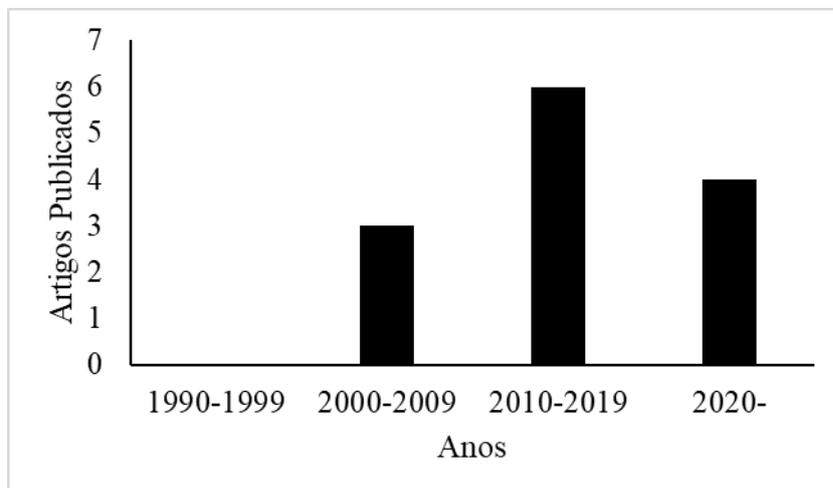


Figura 4: Estudos sobre aracnídeos ao longo do gradiente de elevação da região Neotropical de 1990 a 2021.

Discussão

Gradientes de elevação são considerados laboratórios naturais devido às importantes variações ambientais que ocorrem em intervalos espaciais curtos (Hasllet 1997; Lomolino 2001). Neste estudo, foram reunidos todos os artigos científicos que avaliaram os efeitos de gradientes de elevação em aracnídeos da região Neotropical, publicados nos últimos 30 anos (1990-2021), e os resultados aqui apresentados indicam um número pequeno de artigos investigando a fauna aracnídea ao longo de gradientes de elevação, principalmente quando confrontados com dados/lista de espécies da América do Sul (Carvalho et al. 2014; Porto et al. 2014; De Souza et al. 2014; Dupérré, 2022) e Neotropical (Santos et al. 2017).

Observou-se o uso de metodologias comuns para levantamentos de aracnídeos (armadilha de queda, guarda-chuva entomológico, busca manual – Carvalho, 2015; Tourinho & Lo-Man-Hung, 2021). Com base na descrição de cada metodologia, observa-se que as armadilhas de queda têm um forte viés, principalmente em áreas montanhosas devido à topografia local: inundação causada por uma chuva excessiva que resulta em perda de amostras (Tourinho & Hung 2021).

Outro viés amostral observado pode resultar do fato de que todas as montanhas de cada estudo não foram amostradas. Concordamos com o fato de que existem muitas limitações que causam problemas para o esforço amostral, mas como observado nos artigos citados (por exemplo, Nogueira et al., 2011, 2021a), as espécies de aracnídeos têm uma faixa altitudinal de ocorrência, o que pode ser uma baixa faixa altitudinal, média ou alta que em uma parte desta faixa terá uma grande abundância de espécies devido a mais recursos (Grytnes & Vetaas 2002). Um esforço de amostragem que não se espalhe uniformemente ao longo de todo o gradiente de elevação ou se concentre apenas em um grupo de espécies, pode resultar na exclusão de espécies raras ou espécies não amostradas em faixas de elevação de amostragem (Mc Cain & Grytnes, 2010).

Gradientes de elevação podem fornecer informações ecológicas importantes sobre os padrões de diversidade. Apesar dos achados deste estudo, também foi demonstrado que os

efeitos dos gradientes de elevação têm sido um tópico importante em outros táxons neotropicais (por exemplo, McCain 2010; Lopes et al. 2017; Diogo 2016, 2019). Para aracnídeos, o conhecimento embora incipiente, alguns trabalhos têm sido publicados relatando a ocorrência de aranhas orbiteladas ao longo de gradientes altitudinais em regiões Neotropicais (Nogueira et al., 2021a, b).

Três explicações possíveis podem estar relacionadas aos resultados. Em primeiro lugar, as áreas adequadas para avaliar o efeito da elevação sobre a altitude geralmente estão localizadas em regiões de difícil acesso ou distantes das universidades. Por exemplo, esse foi um dos principais motivos apresentados por Oliveira et al. (2016) pela grande lacuna no conhecimento da fauna brasileira. Em segundo lugar, a falta de investimento financeiro em pesquisa por parte dos governos é um fator limitante para a realização de pesquisas de longo prazo nessas regiões. A terceira está relacionada à escassez de ecólogos especializados em aracnídeos neotropicais. Essa afirmação é baseada no fato que grupos como aranhas, opilões e escorpiões são os mais estudados e concentram maior número de especialistas (e.g., Lewinsohn & Prado 2008; WSCA 2021).

As aranhas são classificadas no grupo dos aracnídeos com o maior número de estudos medindo os efeitos dos gradientes de elevação na região Neotropical (por exemplo, Nogueira et al. 2011, 2021a, b). Este táxon é afetado de diferentes maneiras pela localização. Por exemplo, em gradientes de altitude nas regiões andina e amazônica, a riqueza de espécies é afetada negativamente por um aumento na altitude (Oxbrough & Ramsay 2001; Villanueva-Bonilla et al. 2017).

Em contraste, a riqueza de aranhas aumenta em direção ao ponto mais alto do gradiente na floresta tropical estacional seca brasileira (Carvalho & Brescovit 2005). O aumento da precipitação é comumente relacionado ao aumento da altitude, principalmente em regiões áridas, independentemente da latitude (Barry 2008), e para áreas semelhantes na mesma região, observa-se um aumento da riqueza de espécies vegetais e da complexidade da vegetação associados simultaneamente a um aumento de altitude e pluviosidade (Silveira et al. 2021).

A heterogeneidade do habitat desempenha um papel fundamental na manutenção da diversidade em aranhas (Uetz 1991; Wise 1993). Aumentos na complexidade da vegetação podem fornecer habitats fundamentais como ramos para a inserção e suporte de teias (Rypstra

1986; Souza & Martins 2005). Além disso, o aumento da complexidade da vegetação também pode fornecer recursos alimentares para outros artrópodes que servem de presa para as aranhas (Souza & Martins 2005; Jiménez-Valverde & Lobo 2007).

Efeitos negativos na diversidade foram encontrados para as outras ordens de aracnídeos analisadas (isto é, escorpiões, opiliões e pseudoescorpiões) (Almeida-Neto et al. 2006; Campón et al. 2014; Guerra et al. 2021; Jiménez-Hernández et al. 2021). Nos Andes Centrais, na Argentina, as assembleias de escorpiões exibiram maior riqueza de espécies em altitudes mais baixas do que em altitudes mais altas (Campón et al. 2014). Jiménez-Hernández et al. (2021) também observaram diminuição de riqueza de pseudoescorpiões em função do aumento da elevação e sugeriram que a estrutura da vegetação pode permitir condições climáticas e recursos alimentares mais adequados para otimizar a sobrevivência e reprodução de pseudoescorpiões. Esta descoberta reforça a importância da complexidade da vegetação para os aracnídeos ao longo dos gradientes de elevação.

Em resumo, este estudo forneceu uma visão geral de estudos anteriores avaliando os efeitos de gradientes elevacionais usando aracnídeos como organismos modelo. Constatou-se um aumento crescente no interesse dos pesquisadores por esse assunto, contudo, os estudos ainda são focados principalmente em aranhas, com pouca representatividade de outras ordens. Observou-se de maneira geral a tendência a redução da riqueza de espécies em função do aumento da altitude, refletindo uma tendência já existente na literatura.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa de pós-doutorado (BFP-0121-2.05/20) à AFAL, e à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela concessão de bolsa (PS1-0186-00411.01.00/21) para JFS.

Referências

Almeida-Neto, M.; Machado, G.; Pinto-da-Rocha, R. & Giaretta, A.A. 2006. Harvestman (Arachnida: Opiliones) species distribution along three Neotropical elevational gradients: an alternative rescue effect explain Rapoport's rule? *Journal of Biogeography*, 33:361-375.

Barry, R.G. 2008. *Mountain Weather and Climate*. Cambridge, Cambridge University Press, 532p.

Beccaloni, J. 2009. *Arachnids*. London: Natural History Museum, p. 320.

Campón, F.F.; Silnik, S.S. & Fedeli, L.A. 2014. Scorpion diversity of the Central Andes in Argentina. *Journal of Arachnology*, 42(2): 63-169.

Carvalho, M. & Brescovit, A.D. 2005. Aranhas (Araneae, Arachnida) da Reserva Serra das Almas, Ceará, p.351-368. In: F.S. Araújo, M.J.N. Rodal & Barbosa, M.R.V. (Eds.) *Análise das Variações da Biodiversidade do Bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 446p.

Carvalho, L.S.; Brescovit, A.D.; Santos, A.J.; Oliveira, U. & Guadanucci, J.P.L. 2014. Aranhas da Caatinga, p. 15-32. In: F.R.Q. Bravo & A. Calor (Eds.). *Artrópodes do semiárido: biodiversidade e conservação*, 1ed. Feira de Santana: Printmídia, 250p.

Carvalho, L.S. 2015. Aracnídeos: quem são, por que estudá-los e como coletá-los?, p. 103–140. In: M.S.C.S. Lima; L.S. Carvalho & F. Prezoto. (Orgs). *Métodos em Ecologia e Comportamento Animal*. Teresina: Edufpi, 317p.

Castro, D.M.; Callisto, M.; Solar, R.R.; Macedo, D.R. & Fernandes, G.W. 2019. Beta diversity of aquatic invertebrates increases along an altitudinal gradient in a Neotropical mountain. *Biotropica*, 51(3):399-411.

Colwell, R.K. & Lees, D.C. 2000. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. *Trends in Ecology and Evolution*, 15: 70-76.

DeSouza, A.M.; DaSilva, M.B., Carvalho, L. S., & Oliveira, U. 2014. Opiliões Laniatores do Semiárido, p. 47-56. In: F.R.Q. Bravo & A. Calor (Eds.). *Artrópodes do semiárido: biodiversidade e conservação*, 1ed. Feira de Santana: Printmídia, 250p.

- De Souza, P.R.L.; Benati, K.R. & Peres, M.C.L. 2020. Scorpions (Arachnida, Scorpiones) at elevated altitudes of an area of conservation in the Caatinga. *Cienc Nat* 42:e29.
- Diogo, I.J.S.; Martins, F.R.; Verola, C.F.; Costa, I.R. 2016. Variation in plant-animal interactions along an elevational gradient of moist forest in a semiarid area of Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 30:27–34.
- Diogo, I.J.S.; Santos, K.; Costa, I.R. & Santos, F.M. 2019. Effects of topography and climate on Neotropical mountain forests structure in the semiarid region. *Applied Vegetation Science*, 24:e12527.
- Dupérré, N. 2022. Araneae (spiders) of South America: a synopsis of current knowledge. *New Zealand Journal of Zoology*, 1-115.
- González-Reyes, A.X.; Corronca, J.A. & Rodríguez-Artigas, S.M. 2017. Changes of arthropod diversity across an altitudinal ecoregional zonation in Northwestern Argentina. *PeerJ* 5: e4117.
- Grytnes, J.A. & Vetaas, O.R. 2002. Species richness and altitude: a comparison between null models and interpolated plant species richness along the Himalayan altitudinal gradient, Nepal. *American Naturalist*, 159(3):294-304.
- Guerra, N.M.; Hernández, N.J.M. & García, A.F. 2021. Diversidad taxonómica de Opiliones en la vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Magdalena, Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 25(2):2462-8190.
- Hasllet, JR. 1997. Insect communities and the spatial complexity of mountain habitats. *Global Ecology Biogeography Letters*, 6:49-56.

Herzog, S.K.; Hamel-Leigue, A.C.; Larsen, T.H.; Mann, D.J.; Soria-Auza, R.W.; Gill, B.D.; Edmonds, W.D & Spector, S. 2013. Elevational distribution and conservation biogeography of Phanaeine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in Bolivia. *PLoS One* 8(5): e64963.

Janzen D.H. 1967. Why mountain passes are higher in the tropics. *American Naturalist*, 113:81-101.

Jiménez-Valverde, A. & Lobo, J.M. 2007. Determinants of local spider (Araneidae and Thomisidae) species richness on a regional scale: climate and altitude vs. habitat structure. *Ecological Entomology*, 32:113–122.

Jiménez-Hernández, V.S.; Villegas-Guzmán, G.A.; Casasola-González, J.A.; Vargas-Mendoza, C.F. 2020. Altitudinal distribution of alpha, beta, and gamma diversity of pseudoscorpions (Arachnida) in Oaxaca, Mexico. *Acta Oecologica*, 103:103525.

Legendre P. 1993. Spatial autocorrelation: trouble or new Paradigm? *Ecology*, 74(6):1659-1673.

Lewinsohn, T.M. & Prado, P.I. 2008. *Biodiversidade Brasileira: Síntese do estado atual do conhecimento*. São Paulo: Contexto, 176p.

Lippok, D.; Beck, S.G.; Renison, D.; Hensen, I.; Apaza, A.E. & Schleuning M. 2014. Topography and edge effects are more important than elevation as drivers of vegetation patterns in a neotropical montane forest. *Journal of Vegetation Science*, 25:724–733.

Lira, A.F.A.; Foerster, S.I.A.; Salomão, R.P.; Porto, T.J.; Albuquerque, C.M.R. & Moura, G.J.B. 2021. Understanding the effects of human disturbance on scorpion diversity in Brazilian tropical forests. *Journal of Insect Conservation*, 25(1):147-158.

Lo-Man-Hung, N.F.; Marichal, R.; Candiani, D.F.; Carvalho, L.S.; Indicatti, R.P.; Bonaldo, A.B.; Cobo, D.H.R.; Feijoo, M.A; Tselouiko, S.; Praxedes, C.; Brown, G.; Velasquez, E.;

Decaëns, T.; Oszwald, J.; Martins, M. & Lavelle, P. 2011. Impact of different land management on soil spiders (Arachnida: Araneae) in two Amazonian areas of Brazil and Colombia. *Journal of Arachnology*, 296-302.

Lomolino MV. 2001. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology Biogeography*, 10:3-13.

Lopes, S.F.; Ramos, M.B. & Almeida, G.R. 2017. The role of mountains as refugia for biodiversity in Brazilian Caatinga: Conservationist Implications. *Tropical Conservation Science*, 10:1–12.

McCain CM. 2004. The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica. *Journal of Biogeography*, 31:19–31.

McCain CM. 2007. Area and mammalian elevational diversity. *Ecology*, 88:76–86.

McCain CM. 2009. Global analysis of bird elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 18: 346–360.

McCain, C.M. & Grytnes, J.A. 2010. Elevational Gradients in Species Richness. In: *Encyclopedia of Life Sciences (ELS)*. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd.

Morrone JJ. 2014. Cladistic biogeography of the Neotropical region: Identifying the main events in the diversification of the terrestrial biota. *Cladistics*, 30:202–214.

Morrone JJ. 2015. Biogeographic regionalisation of the world: A reappraisal. *Australian Systematic Botany*, 28:81–90.

Morrone, JJ. 2017. *Neotropical Biogeography: Regionalization and Evolution*. Florida, CRC Press, 313 pp.

Nogueira, A.A.; Barbosa, J.P.P.P.; & Brescovit, A.D. 2011. The spider genus *Chrysometa* (Araneae, Tetragnathidae) from the Pico da Neblina and Serra do Tapirapecó mountains (Amazonas, Brazil): new species, new records, diversity and distribution along two altitudinal gradients. *Zootaxa*, 2772:33-51.

Nogueira, A.A.; Venticinque, E.; Brescovit, A.D.; Lo-Man-Hung, N. & Candiani, D.F. 2014. List of species of spiders (Arachnida, Araneae) from the Pico da Neblina, state of Amazonas, Brazil. *Check List*, 10:1044-1060.

Nogueira, A.A.; Brescovit, A.D.; Perbiche-Neves, G.; & Venticinque, E. 2021a. Spider (Arachnida-Araneae) diversity in an amazonian altitudinal gradient: are the patterns congruent with mid-domain and rapoport effect predictions? *Biota Neotropica*, 21(4):e20211210.

Nogueira, A.A.; Brescovit, A.D.; Perbiche-Neves, G. & Venticinque, E. 2021b. Beta Diversity along an Elevational Gradient at the Pico da Neblina (Brazil): Is Spider (Arachnida-Araneae) Community Composition Congruent with the Guayana Region Elevational Zonation? *Diversity*, 13:620.

Oliveira, U.; Paglia, A.P.; Brescovit, A.D.; Carvalho, C.J.; Silva, D.P.; Rezende, D.T.; Leite, F.S.F.; Batista, J.A.N.; Barbosa, J.P.P.P.; Stetmann, J.R.; Ascher, J.S.; Vasconcelos, M.F.; Marco Jr., P.; Lowenberg-Neto, P.; Dias, P.G.; Ferro, V.G. & Santos, A.J. 2016. The strong influence of collection bias on biodiversity knowledge shortfalls of Brazilian terrestrial biodiversity. *Diversity and Distribution*, 22(12):1232-1244.

Olivero, P.A.; Oviedo-Diego, M.A.; Vrech, D.E.; Mattoni, C.I. & Peretti, A.V. 2021. Sensitivity of genital and somatic traits of scorpions to developmental instability caused by increasing urbanization: A 20-year experiment. *Ecological Indicators*, 122:107272.

Olson DM. 1994. The distribution of leaf litter invertebrates along a Neotropical altitudinal gradient. *Journal of Tropical Ecology*, 10(2):129-150.

- Oxbrough, A.G. & Ramsay, P.M. 2001. Páramo spiders of Volcán Chiles, Ecuador, p.159-168. In: P.M. Ramsay (Eds.). *The Ecology of Volcán Chiles: high-altitude ecosystems on the Ecuador-Colombia border*. Plymouth, Pebble & Shell, 224.
- Perafrán, C.; Ferreti, N. & Hendrixson, B.E. 2020. Biogeography of New World Tarantulas, p.153-190. In: F. Pérez-Miles (Ed). *New World Tarantulas: Taxonomy, Biogeography and Evolutionary Biology of Theraphosidae*. Cham, Switzerland, Springer Nature, 540p.
- Porto, T.J.; Carvalho, L.S.; Souza, C.D.; Oliveira, U. & Brescovit, A. D. 2014. Escorpiões da Caatinga: conhecimento atual e desafios, p. 33-47. In: F.R.Q Bravo & A. Calor. (Eds.). *Artrópodes do Semiárido: Biodiversidade e Conservação*, 1ed. Feira de Santana: Printmídia, 250p.
- Rahbek C. 2005. The role of spatial scale and perception of large-scale species richness patterns. *Ecology Letters*, 8:224-239.
- Reta-Heredia, I.; Jurado, E.; Pando-Moreno, M.; González-Rodríguez, H.; Mora-Olivo, A. & Estrada-Castillón, E. 2018. Diversity of spiders in forest ecosystems as elevation and disturbance indicators. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9 (50):257-273.
- Rypstra AL. 1986. Web spiders in temperate and tropical forests: relative abundance and environmental correlates. *American Midland Naturalist*, 115:42-51.
- Santos, A.J.; Brescovit, A.D.; Oliveira-Tomasi, M.; Russo, P. & Oliveira, U. 2017. Curves, maps and hotspots: the diversity and distribution of araneomorph spiders in the neotropics, p.1-28. In: C., Carmen & M.O. Gonzaga (Eds). *Behaviour and ecology of spiders*. Cham, Switzerland: Springer, 437p.
- Scott, A.G.; Oxford, G.S. & Selden, P.A. 2006. Epigeic spiders as ecological indicators of conservation value for peat bogs. *Biological Conservation*, 127(4):420-428.

Silvera, P.A.; Loiola, M.I.B.; Gomes, V.S.; Lima-Verde, L.W.; Oliveira, T.S.; Silva, E.F.; Otutumi, A.T.; Ribeiro, K.A.; Xavier, F.A.Z.; Bruno, M.M.A.; Souza S.S.G. & Araújo, F.S. 2020. Flora of Baturité, Ceará: a Wet Island in the Brazilian Semiarid. *Floresta e Ambiente*, 27(4):1-22.

Souza, H.S.; Messas, Y.F.; Gonzaga, M.O. & Vasconcellos-Neto, J. 2015. Substrate selection and spatial segregation by two congeneric species of *Eustala* (Araneae: Araneidae) in southeastern Brazil. *Journal of Arachnology*, 43:59–66.

Stevens GC. 1992. The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport's latitudinal rule to altitude. *American Naturalist*, 140:893–911.

Tourinho, A.L.M. & Lo-Man-Hung, N. 2021. Standardized sampling methods and protocols for harvestman and spider assemblages, p.365-402. In: J.C. Santos & G.W. Fernandes (Eds.). *Measuring arthropod biodiversity: a handbook of sampling methods*. Springer Nature: Cham, Switzerland. 600p.

Triplehorn, C.A.; Johnson, N.F. & Borror, D.J. 2005. *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. Belmont, Brooks/Cole Publishing Company, 864p.

Uetz, G.W. 1991. Habitat structure and spider foraging, p.325-348. In: S.S. Bell; E.D. McCoy & .H.R. Mushinsky (Eds.). *Habitat Structure: The physical arrangement of the objects in space*. Dordrecht: Springer Netherlands, 438p.

Vellend, M. 2010. Conceptual synthesis in community ecology. *Quarterly Review of Biology*, 85(2):183-206.

Villanueva-Bonilla, G.A.; García, G.A.; Brescovit, A.D. & Vasconcellos-Neto, J. 2017. Abundance and richness of orb-web spiders (Arachnida: Araneae) in a secondary high-Andean forest of Colombia. *Revista Ibérica de Aracnología*, 30:53–60.

Wise DH. 1993. Spiders in Ecological Webs. New York, Cambridge University Press, 328p.

World Spider Catalog (2021). World Spider Catalog. Version 22.5. Natural History Museum Bern, online at <http://wsc.nmbe.ch>, accessed on 12/20/2021.

Table S1. Scientific studies published with arachnids in elevation gradient on Neotropical Region.

Taxon	Ecossistema	País	Referência	Tendência de riqueza de espécies	Riqueza de Espécies	Amplitude altitudinal (m)	Altitude máxima (m)
Araneae	Floresta Amazônica	Brasil	Nogueira <i>et al.</i> , 2011	Decresceu	14	2300	2400
	Floresta Amazônica	Brasil	Nogueira <i>et al.</i> , 2014	Não Informado	529	2300	2400
	Floresta Amazônica	Brasil	Nogueira <i>et al.</i> , 2021	Decréscimo Monotônico	529	2300	2400
	Áreas Montanhosas	México	Reta-Heredia <i>et al.</i> , 2018	Não Informado	71	1350	3700
	Caatinga	Brasil	Carvalho e Brescovit, 2005	Aumentou	93	400	800
	Montanhas dos Andes	Equador	Oxbrough e Ramsay, 2001	Não informado	67	1100	4300
	Montanhas dos Andes	Colômbia	Villanueva-Bonilla <i>et al.</i> ,	Não informado	06	200	3300

Taxon	Ecosistema	País	Referência	Tendência de riqueza de espécies	Riqueza de Espécies	Amplitude altitudinal (m)	Altitude máxima (m)
	Floresta Atlântica	Brasil	2017 Souza <i>et al.</i> , 2015	Não informado	02	544	1294
Scorpiones	Caatinga	Brasil	De Souza <i>et al.</i> , 2020	Não informado	09	180	1100
	Montanhas dos Andes	Argentina	Campóm <i>et al.</i> , 2014	Não informado	07	2470	3570
Opilliones	Floresta Atlântica	Brasil	Almeida-Neto <i>et al.</i> , 2006	Decréscimo monotônico	38	950	1240
	Floresta Amazônica	Colômbia	Guerra <i>et al.</i> , 2021	Não informado	24	1238	2040
Pseudoscorpiones	Montanha mexicanas	México	Jiménez-Hernández <i>et al.</i> , 2020	Não informado	23	2840	2990

3 Capítulo 2 – ARTIGO SUBMETIDO A REVISTA STUDIES ON NEOTROPICAL FAUNA AND ENVIRONMENT: EFEITOS DO GRADIENTE DE ELEVAÇÃO NA RIQUEZA DE ESPÉCIES DE ARANHAS EDÁFICAS NO ESTADO DO CEARÁ

RESUMO

O Efeito Rapoport é uma teoria macroecológica que se propõe que há relação positiva entre amplitude do tamanho de distribuição das espécies ao longo de um gradiente de elevação e a altitude no qual a espécie ocorre, de modo que isso pode refletir uma maior riqueza de espécies nas porções intermediárias do gradiente. No presente estudo, utilizamos aranhas edáficas como organismo modelo, descrevemos o padrão de riqueza de espécies ao longo de um gradiente de elevação e testamos a ocorrência do ER ao longo de um Brejo de Altitude inserido no Maciço do Baturité, CE. Foram realizadas 13 coletas mensais de agosto de 2020 à agosto de 2021 por meio pitfalls trap em cinco estratos altitudinais ao longo do gradiente de elevação. Ao todo, foram coletados 1476 indivíduos, dos quais adultos correspondem à 1171 indivíduos, pertencentes à 107 morfoespécies, classificadas em 29 famílias. Os resultados exibiram tendência no decréscimo da riqueza de espécies em função do aumento da altitude. Além disso, 26 espécies apresentam amplitude altitudinal máxima (740m), suportando a ocorrência do Efeito Rapoport. Os resultados obtidos nos permitem inferir que a amplitude do gradiente de elevação e a complexidade estrutural do ambiente são fatores que influenciam a ocorrência do Efeito Rapoport.

Palavras Chave: Altitude; Araneae; Ecossistema Montanhoso; Mata Úmida; Brejo de Altitude.

ABSTRACT

The Rapoport Effect is a macroecological theory that proposes that there is a positive relationship between the amplitude of the distribution size of species along an elevation gradient and the altitude at which the species occurs, so that this may reflect greater species richness in intermediate portions of the gradient. In the present study, we used edaphic spiders as a model organism, described the pattern of species richness along an elevation gradient and tested the occurrence of ER along an Altitude Swamp inserted in the Baturité Massif, CE. Thirteen monthly collections were carried out from August 2020 to August 2021 using pitfall traps in five altitudinal strata along the elevation gradient. In total, 1476 individuals were

collected, of which adults correspond to 1171 individuals, belonging to 107 morphospecies, classified into 29 families. The results showed a tendency towards a decrease in species richness as a function of increasing altitude. Furthermore, 26 species have maximum altitudinal range (740m), supporting the occurrence of the Rapoport Effect. The results obtained allow us to infer that the amplitude of the elevation gradient and the structural complexity of the environment are factors that influence the occurrence of the Rapoport Effect.

Key Words: Altitude; Araneae; Mountainous Ecosystem; Evergreen forest; Brejo de Altitude.

Introdução

Ecossistemas montanhosos abrigam um elevado número de espécies animais e vegetais, incluindo espécies raras e ameaçadas (Brooks *et al.*, 2006). Por seu formato característicos, as porções superiores de ecossistemas montanhosos tendem a ficar mais isolados dos demais ecossistemas, promovendo especiação e altas taxas de endemismo – as porções mais altas apresentam grande endemismo, rotatividade se observa ao longo de todo o gradiente – enquanto, ao longo do gradiente, é possível observar uma grande rotatividade de espécies ao longo do gradiente de elevação existente, bem como elevados padrões de beta diversidade e de riqueza de espécies (Mc Cain, 2009; Steinbauer *et al.*, 2016). Contudo, em geral, observa-se que ao longo do aumento da altitude a riqueza de espécies tende a diminuir (Rahbeck, 1995; Rahbeck, 2005), embora exista exceções (Silveira *et al.*, 2020), sendo o resultado de processos ecológicos e evolutivos (Lomolino, 2001; González-Reyes *et al.*, 2017).

Diversas teorias macro ecológicas têm sido desenvolvidas para explicar os processos de distribuição geográficas das espécies ou regras ecogeográficas (Brown; Lomolino, 1998), tais como os gradientes de riqueza latitudinais e altitudinais (Chown; Gaston, 2010). E por sua vez, a variação da riqueza de espécies em função de gradientes de elevação tem sido estudada a luz de teorias como o Efeito Rapoport, *hump-shaped species curve*, Efeito de Domínio Central, Métodos dos Espécimes (Stevens, 1992; Rahbeck, 2005; Colwell & Lees, 2000; Almeida-Neto *et al.*, 2006).

Estudos ecogeográficos direcionados para a compreensão dos efeitos da elevação em sobre a biodiversidade Regiões Neotropicais têm fornecido informações sobre vertebrados e

plantas (Mc Cain, 2004; Mc Cain, 2007a; Lippok *et al.*, 2014), e também sobre invertebrados terrestres (Almeida-Neto *et al.*, 2006; Herzog, *et al.*, 2013). Dentre os invertebrados terrestres, as aranhas têm sido utilizadas como organismos modelo para testar modelos macroecológicos em Regiões Neotropicais ao longo de gradientes altitudinais, descrevendo padrões de variação de riqueza de espécies (Nogueira *et al.*, 2021a) e beta diversidade (Nogueira *et al.*, 2021b).

A Regra de Rapoport constitui uma relação positiva entre o tamanho da amplitude da distribuição geográfica das espécies ao longo do gradiente latitudinal, e da latitude média da qual ela ocorre. Geralmente, espécies oriundas de altas latitudes têm maior tolerância ambiental, o que lhe possibilita expandir sua distribuição para baixas latitudes (Stevens, 1989). Posteriormente, a Regra de Rapoport foi expandida para gradientes de elevação (Stevens, 1992), e tem sido detectada em alguns estudos (Fortes & Absalão, 2004; Brehm *et al.*, 2007). No entanto, devido ao número de artigos que não detectaram a ocorrência da Regra de Rapoport, o termo Regra passou a ser substituído por Efeito (Blackburn & Gaston, 1996), tornando-se conhecido como Efeito Rapoport.

Os Brejos de Altitude constituem enclaves florestais associados à altitude superiores a 600m bem como a elevada pluviosidade existente, de modo que constituem ilhas de Mata Atlântica inseridas no ecossistema Caatinga (Prado, 2003; Leal *et al.*, 2005). Portanto, o presente manuscrito descreve os padrões de riqueza de espécies de aranhas edáficas em um gradiente de elevação inserido em uma área de Brejo de Altitude no estado do Ceará, testando a hipótese de ocorrência do Efeito Rapoport na assembleia de aranhas estudadas. Devido a ocorrência de uma flora mais rica do que a da Caatinga, bem como o aumento existente da riqueza de espécies vegetais em função do aumento da elevação nos Brejos de Altitude (Silveira *et al.*, 2020), esperamos encontrar um padrão crescente da riqueza de espécies de aranhas edáficas.

Material e Métodos

Área de Estudo

Área de estudo consiste em um gradiente de elevação inserido no Maciço do Baturité, compreendendo os municípios de Redenção, Pacoti e Guaramiranga (Figura 1). Foram estabelecidos cinco pontos amostrais à barlavento ao longo do gradiente de elevação existente no Maciço do Baturité (Figura 1), sendo o primeiro ponto correspondendo à 373m e o último 1114m. Os pontos relativos inseridos nos municípios de Pacoti e Guaramiranga estão inseridos dentro da Área de Proteção Ambiental da Serra de Baturité. Os pontos apresentam

uma diferença média de altitude equivalente a 185m, e distam entre si, respectivamente: Pontos I e II – 6,8 km; Pontos II e III – 7,2 km; Pontos III e IV – 4,7 km; Pontos IV e V – 7,8 km.

Figura 1

Na base do gradiente, ocorre a vegetação característica da Caatinga que é substituída ao longo do gradiente de elevação existente por vegetação floresta sazonal sub montana subdecídua. A partir de do estrato altitudinal compreendido entre 400-600m, e por fim, substituído novamente por vegetação montana sazonal perenifólia a partir dos 600m de altitude (Silveira *et al.*, 2020).

Observa-se a ocorrência de representantes da família Myrtaceae, Fabaceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Bromeliaceae, Orchidaceae, Celastraceae e Erythroxylaceae, sobretudo acima de 600m (Araújo *et al.*, 2007). A literatura reporta que a riqueza de espécies vegetais em aumenta em função do aumento da altitude em direção ao topo do gradiente, e esse aumento é atribuído a disponibilidade hídrica existente nas porções mais elevadas do gradiente. (Silveira *et al.*, 2020).

Observa-se também que a riqueza de plantas vasculares é composta por espécies características de Caatinga e Mata Atlântica (Carnaval *et al.*, 2009; Leite *et al.*, 2016; Lopes *et al.*, 2017), composta por 214 spp. de árvores, 82 spp. de arbustos, 49 de ervas terrestres, 23 de epífitas, 10 de subarbustos e 4 spp. de hemiparasitas (Silveira *et al.*, 2020).

Amostragem

A amostragem ocorreu durante o período de agosto de 2020 a agosto de 2021, perfazendo 13 coletas mensais em cada uma das áreas de pesquisa, por meio de armadilhas do tipo armadilhas de queda para invertebrados terrestres, onde cada armadilha permaneceu operante por sete dias/mês. Cada conjunto de cinco armadilhas em forma de curz constituiu uma unidade amostral, amostrando assim 5metros quadrados / conjunto de armadilhas (Carvalho, 2015). Ao todo, foram instaladas 10 baterias de pitfall em cada altitude amostrada, totalizando 50 m² de área amostrada/ponto do gradiente. As baterias foram instaladas em forma linear, com espaçamento mínimo de 10m entre cada bateria.

Cada pitfall consistiu em um recipiente plástico (10cm diâmetro por 15cm de profundidade), enterrado no nível do solo, no qual foi colocado 400 mL de solução salina supersaturada (1Kg de sal de cozinha por litro de água), além de gotas de detergente visando

quebrar a tensão superficial da água (Carvalho, 2015). Acima de cada pitfall, foi instalado um telhado improvisado à base de isopor, fixado com palitos de churrasco, evitando assim a incidência excessiva de luz solar sob os pitfall, bem como ajudar a reduzir os materiais diversos que eventualmente caem nas armadilhas, bem como excesso de chuva (Carvalho, 2015).

Análises Estatísticas

O produto da coleta de cada bateria de pitfall trap (Carvalho, 2015) foi considerado uma unidade amostral (N unidades amostrais = 10 unidades por estrato altitudinal), de modo que os dados obtidos foram organizados em matrizes de abundância em função das unidades amostrais e matriz de abundância em função dos extratos altitudinais (374, 600, 700, 855 e 1114 m). Tais valores representam o somatório dos dados referentes ao período compreendido entre agosto 2021 e agosto 2022, totalizando 13 meses de unidades amostrais.

A hipótese da ocorrência do Efeito Rapoport foi testada por meio de uma regressão linear entre a amplitude da distribuição altitudinal de cada espécie e o ponto médio altitudinal de cada espécie (Nogueira *et al.*, 2021a). Assim, a amplitude de cada espécie foi calculada por meio da diferença entre a maior altitude registrada para a espécie subtraída a menor altitude registrada enquanto o ponto médio altitudinal foi calculado como sendo a altitude média entre os limites superiores e inferiores da amplitude de cada espécie. Para fins de análises estatísticas, a regressão foi feita considerando-se as espécies que apresentam amplitude altitudinal superior à 400m, refletindo assim o padrão de espécies com maior distribuição.

Posteriormente, buscando dar suporte teórico a ocorrência do Efeito Rapoport, foi uma regressão linear entre a média ponderada da abundância das espécies (WAM) e o ponto médio altitudinal. O índice WAM assume que as espécies apresentam abundância máxima em condições ambientais otimizadas (Whittaker, 1967; Brown, 1984). Baseado no critério de classificação de espécies com ampla altitude altitudinal usado por (Nogueira *et al.*, 2021a), considerou-se espécies com elevada amplitude altitudinal aquelas que apresentaram amplitude superior à 400m.

Para verificar possíveis correlações entre a riqueza de espécies, a abundância e a variação da altitude, foi realizada uma correlação de Pearson visando observar possíveis tendências da riqueza de espécies enquanto diferenças na riqueza de espécies em função do

gradiente de altitude foram mensurada por meio do teste de Qui-quadrado (Zar, 1996). Para mensurar a variação da diversidade em função do gradiente de altitude, foram utilizados os Índices de Diversidade de Shannon e Simpson, respectivamente por darem peso avaliarem a diversidade em função das espécies raras e dominantes (Magurran, 2004). O padrão de dominância das espécies coletadas em função do aumento da altitude foi analisado por meio de gráficos de Curvas de Abundância (Magurran, 2004).

A curva de riqueza de espécies foi calculada por meio da matriz de unidades amostrais, utilizando-se os métodos de Rarefação, Método de Interpolação e Extrapolação (Nogueira *et al.*, 2021a). A curva de rarefação foi construída por meio do método “coverage - based” (Chao & Jost, 2012). O método de rarefação é utilizado para comparar comunidades biológicas que não apresentam amostragem totalmente iguais, padronizando assim as curvas pela menor abundância observada (Magurran, 2004; Chao & Jost, 2012).

A interpolação assume que as espécies ocorrem em todos os extratos altitudinais que compõem a amplitude altitudinal, isto é, o limite superior e limite inferior da faixa altitudinal em que determinada espécie ocorre (Almeida-Neto *et al.*, 2006, Bhattarai; Vetaas, 2006; Grau *et al.*, 2007). Tal método se justifica devido ao pressuposto que a amostragem de comunidades biológicas é comumente incompleta (Magurran, 2004), principalmente em comunidades de artrópodes tropicais (Coddington *et al.*, 2009).

As análises estatísticas, bem como os Índices de Diversidade e foram calculados por meio do programa Past (Hammer *et al.*, 2001). A curva de Rarefação, a curva de extrapolação e interpolação foi plotada por meio do Software R (R Core Team, 2020), utilizando-se o pacote iNEXT (Hsieh *et al.*, 2016) e ggplot2 (Wickham, 2016).

Resultados

No presente estudo foram coletados 1476 indivíduos, dos quais adultos correspondem à 1171 indivíduos, pertencentes à 107 morfoespécies, pertencentes à 29 famílias (Tabela 1).

Tabela 1

Observou-se que as famílias com maior riqueza de espécies foram Salticidae, com 27 morfoespécies e Corinnidae, com 20 morfoespécies. As espécies mais abundantes foram *Leprolochus cf. mucuge* (Zodariidae), *Epicratinus vader* (Zodariidae) Gonçalves & Brescovit, 2020, *Tupirinna palmares* (Corinnidae) Xavier & Bonaldo, 2021, e *Neodiplothele caucaia*

(Barychelidae) Gonzalez-Filho, Lucas & Brescovit, 2015, com 227, 138, 81 e 51 indivíduos coletados, respectivamente.

A riqueza de espécies atinge seus valores máximos na porção inicial e porção final do gradiente (Figura 2). Observa-se também que à medida que se avança no gradiente de elevação estudado, a riqueza de espécies tende a decrescer, até que a altitude aumenta do extrato de 855m para 1114 metros. A abundância observada exhibe oscilações em função do aumento do gradiente de elevação (Figura 2). A riqueza e a abundância das espécies não são significativamente correlacionadas com o gradiente de elevação ($p > 0,05$). Contudo, a riqueza de espécies difere em função do aumento do gradiente de altitude ($p < 0,05$).

Figura 2

Do total das 107 spp., apenas sete estiveram presentes em todos os extratos altitudinais, das quais *Leprolochus* cf. *mucuge* e *Ctenus rectipes* foram consideradas as mais abundantes. Por outro lado, 57 spp. ocorreram em um único extrato altitudinal (Tabela 1), entre elas as *Mazax* sp.1, *Diplura sanguinea*, *Nosferattus occultus*, *Soesilarishius excentricus*, *Epicratinus takutu* foram consideradas as mais abundantes.

A curva de rarefação (Figura 3) não exibiu tendência a estabilização para nenhum dos extratos altitudinais, sugerindo que outras espécies poderiam ter sido coletadas. Essa tendência a não estabilização é uma consequência de uma elevada quantidade de espécies raras, classificadas como *singletons*, *doubletons*, *uniques* e *duplicates* (Tabela 1), o que impede que a curva atinja uma assíntota.

Figura 3

A ocorrência do Efeito Rapoport ($R^2 = 0,03$, $p < 0,05$), porém os dados refletem pouco ajuste. A regressão entre a média ponderada da abundância das espécies (WAM) e o ponto médio altitudinal não apresentou significância ($p > 0,05$).

A diversidade mensurada pelos índices de Shannon e Simpson exibiram variações simétricas ao longo da variação inicial do gradiente, isto é, do extrato altitudinal de 374m para 600m (Figura 4). Contudo, após o incremento da diversidade direcionada ao extrato altitudinal de 700, ambos os índices exibem tendência à redução a diversidade, sobretudo para o índice de Simpson (Figura 4).

Figura 4

Observou-se também que ao longo do gradiente de altitude, a fauna exibiu diferentes padrões de dominância (Figura 5), alternando entre espécies pertencentes às famílias Zodariidae, Salticidae, Ctenidae e Corinnidae, onde Zodariidae dominou os dois primeiros estratos altitudinais, Salticidae e Ctenidae os estratos intermediários e Corinnidae o estrato superior.

Discussão

Os resultados obtidos suportam a hipótese da ocorrência do Efeito Rapoport para as aranhas edáficas na área de estudo. Embora alguns estudos mostrem que o Efeito Rapoport em gradientes de elevação é variável, de modo que não suportam a sua ocorrência (Grau *et al.*, 2007; Liew *et al.*, 2010; Nogueira *et al.*, 2021a), enquanto outros por outro lado corroboram com a sua ocorrência, sobretudo para aracnídeos (Chatzaki *et al.*, 2005; Almeida-Neto *et al.*, 2006).

No entanto, vale frisar que a ocorrência do Efeito Rapoport não é o principal fator que explica a variação da riqueza de aranhas edáficas ao longo do gradiente de elevação estudado. O Efeito Rapoport é possível de ser observado quando há ocorrência de poucas espécies com pouca ou média amplitude altitudinal, o que não foi observado pelos autores citados no Pico da Neblina (Nogueira *et al.*, 2021a).

No presente estudo, apesar da elevada proporção de espécies que foram coletadas em uma única faixa de altitude, foi observado também um elevado número de espécies que ocorreram ao longo de toda a amplitude altitudinal. Isso se deve ao fato que gradientes de elevação de menor proporção (e.g. 950 – (Almeida-Neto *et al.*, 2006) ou mesmo o do presente estudo, 740) apresentam proporcionalmente mais espécies com maior amplitude altitudinal (Almeida-Neto *et al.*, 2006).

A detecção das espécies ao longo de todos os estratos altitudinais pode ser atribuída ao uso de métodos de coleta padronizados (Malumbres-Olarte *et al.*, 2016). Nesse caso, apesar do viés amostral decorrentes do uso de pitfall trap (Carvalho, 2015), os métodos de coleta refletem a história natural de um determinado táxon (Tourinho & Lo-Man-Hung, 2021). Esse fato é evidenciado sobretudo em aranhas que são mais dependentes da estrutura física do ambiente do que da disponibilidade de presas (Srivastava, *et al.*, 2008), de modo a terem desenvolvido estratégias para explorar a variedade de habitats e estratos vegetativos (Privet, *et al.*, 2020).

Áreas montanhosas inseridas no domínio semiárido brasileiro não apresentam temperaturas baixas extremas como em montanhas em áreas temperadas, e sim apresentam tendência a ter pluviosidade correlacionada com o aumento da altitude (Barry, 2008). Essa tendência existente no aumento da pluviosidade em função do aumento da altitude, sobretudo nas escarpas localizadas à barlavento caracteriza a ocorrência dos Brejos de Altitude (Prado, 2003; Leal *et al.*, 2005), exibindo assim o aumento da riqueza de espécies de plantas, sobretudo no gradiente de elevação estudado (Silveira *et al.*, 2020).

No presente estudo, foram observados dois padrões de variação da riqueza de espécies ao longo do gradiente: I – Diminuição da riqueza nas porções centrais do gradiente e II - O aumento da riqueza de espécies na porção final do gradiente. A diminuição da riqueza ao longo das porções centrais do gradiente, embora não seja claramente explicada, pode ser atribuída a ação antrópica e viés de coleta associados ao uso do pitfall (Carvalho, 2015; Tourinho & Lo-Man-Hung, 2021), sendo que os vieses citados foram observados de maneira mais proeminentes nos estratos intermediários.

Essa mesma redução da riqueza de espécies nas porções centrais contradiz as predições do modelo climático proposto por McCain, (2007b), cujo mesmo prediz que gradientes de elevação cujas bases são inseridas em zonas áridas/semiáridas tendem a ter um pico de riqueza em altitudes intermediárias em função da diminuição da temperatura e aumento da pluviosidade, independente do tamanho do gradiente de elevação.

Esse padrão proposto pelo modelo de McCain, (2007b) pode ser observado ao longo de gradientes altitudinais inseridos no Domínio Caatinga que não constituem Brejos de Altitude, como na Reserva Particular de Patrimônio Natural Serra das Almas, onde para aranhas, observa-se o aumento da riqueza de espécies de aranhas em função do aumento da altitude (Carvalho & Brescovit, 2005). No entanto, as características da altitude e pluviosidade existente nos Brejos de altitude (Prado, 2003; Leal *et al.*, 2005) fazem com que os Brejos de Altitude apresentem fauna e flora diferenciada da Caatinga (Werneck, 2011), consequentemente relações diferenciadas entre a riqueza de espécies e as variáveis climáticas.

A redução da riqueza de espécies em função do aumento da altitude é reportado quase como um padrão, sobretudo em altitudes superiores a 300m (McCain & Grytnes, 2010), onde para aranhas, estudos realizados em zonas temperadas reportam picos de riqueza de espécies em altitudes intermediárias (Otto & Svensson, 1982; Bosmans *et al.*, 1986; Chatzaki *et al.*, 2005), resultando em resposta a diminuição da temperatura.

De todo modo, para os Brejos de Altitude, o aumento da riqueza de espécies por sua vez pode ser explicado pelo aumento da complexidade estrutural da vegetação (Souza & Martins, 2005) em função do aumento da riqueza de espécies vegetais (Silveira *et al.*, 2020) existente na área montanhosa em função do aumento da altitude e conseqüentemente da pluviosidade (Prado, 2003).

Ambientes com maior produtividade primária possuem maior riqueza de espécies, bem como maior abundância (Terborgh, 1977). Desse modo, o aumento da complexidade da vegetação permite a ocorrência de condições e microhabitats que suportam assembleias de aranhas mais diversas (Diehl *et al.*, 2013).

A complexidade estrutural da vegetação influencia a diversidade de aranhas. Guildas de aranhas, como as construtoras de teias e caçadoras da família Thomisidae (Jiménez-Valverde & Lobo, 2007) são influenciadas pela complexidade estrutural do ambiente, assim como também a diversidade de potenciais presas capturadas por essas aranhas (Diehl *et al.*, 2013), bem como são protegidas contra predadores (Gunnarsson, 2007). Essa influência também se manifesta no ambiente edáfico também, onde é possível observar que a vegetação arbustiva possibilita a prevalência de aranhas especialistas e caçadoras de solo (Uetz, 1975; Azevedo *et al.*, 2017).

Os dados obtidos na pesquisa suportam a ocorrência do Efeito Rapoport para a assembleia de aranhas estudada, além do decréscimo da riqueza de espécies. O Efeito Rapoport é uma teoria difícil de ser comprovada, pois diversos fatores interagem na forma como a riqueza de espécies varia em função de gradientes altitudinais, corroborado principalmente pela distribuição geográfica das espécies ocorrer em função de todo o gradiente altitudinal. Contudo, observou-se também que ocorreu uma tendência ao aumento da diversidade em direção ao topo do gradiente, possivelmente em função do aumento da complexidade estrutural da vegetação existente associada ao aumento da pluviosidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida-Neto M, Machado G, Pinto-da-Rocha R, Giaretta A.A. 2006. Harvestman (Arachnida: Opiliones) species distribution along three Neotropical elevational gradients: an alternative rescue effect explain to Rapoport's rule? *J. Biogeogra.* 33: 361–375. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01389.x>
- Andrade-Lima, D. 1982. Present-day forest refuges in northeastern Brazil. In: Prance, GT. (Ed.). *Biological Diversification in the Tropics*. New York: Columbia University Press, p. 245–251.
- Araújo FS, Gomes VS, Silveira AP, Figueiredo MA, Oliveira RF, Bruno MMA, Lima-Verde LW, Silva EF, Otutumi AT, Ribeiro KA. 2007. Efeito da variação topoclimática e estrutura da vegetação da serra de Baturité, Ceará. In: Oliveira TS, Araújo FS., editors. *Diversidade e conservação da biota da Serra de Baturité, Ceará*. Fortaleza: UFC/COELCE: p. 73-136.
- Barry RG. 2008. *Mountain Weather and Climate*. New York: Cambridge University Press, 532p.
- Bhattarai KR, Vetaas OR. 2006. Can Rapoport's rule explain tree species richness along the Himalayan elevational gradient, Nepal? *Divers. and Distrib.* 12: 373–378. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2006.00244.x>
- Blackburn TM, Gaston KJ. 1996. Spatial patterns in the species richness of birds in the new world. *Ecography.* 19: 369-376.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1996.tb00001.x>
- Bosmans R, Malfait JP, De Kimpe A. 1986. Analysis of the spider communities in an altitudinal gradient in the French and Spanish Pyrenees. *Bull. of the Briti. Arach. Soc.* 7: 69–76.
- Brehm G, Colwell RK, Kluge J. 2007. The role of environment and mid-domain effect on

moth species along a tropical elevational gradient. *Glob. Ecol. and Biogeo.* 16: 205–219.

DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2006.00281.x>

Brooks TM, Mittermeier RA, Fonseca GAB, Gerlach J, Hoffmann M, Lamoreux JF,

Mittermeier CG, Pilgrim JD, Rodrigues ALS. 2006. Global biodiversity conservation priorities. *Scien.* 313: 58–61. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1127609>

Brown JH, Lomolino MV. 1998. *Biogeography*. 2nd. ed. Massachusetts: Sinauer Associates, INC.

Brown JH. 1984. On the relationship between abundance and distribution of species. *Americ. Natur.* 124: 255–279.

Carnaval AC, Hickerson MJ, Haddad CFB, Rodrigues MTMC. 2009. Stability predicts genetic diversity in the Brazilian Atlantic Forest hotspot. *Science*, 323(5915): 785–789.

Carvalho M, Brescovit AD. 2005. Aranhas (Araneae, Arachnida) da Reserva Serra das Almas, Ceará. In: Araújo FS, Rodal MJN, Barbosa MRV, editors. *Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente: p. 351–368.

Carvalho LS. 2015. Aracnídeos: quem são, por que estudá-los e como coletá-los? In: Lima MSCS, Carvalho LS, Prezoto F. editors. *Métodos em Ecologia e Comportamento Animal*. Teresina: EDUFPI: p. 103–140.

Chao A, Jost L. 2012. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecol.* 93 (12):2533–2547. DOI: <https://doi.org/10.1890/11-1952.1>

Chatzaki M, Lymberakis P, Markakis G, Mylonas M. 2005. The distribution of ground spiders (Araneae, Gnaphosidae) along the altitudinal gradient of Crete, Greece: Species richness, activity and altitudinal range. *J. of Biogeo.* 32: 813–831. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2004.01189.x>

- Chown SL, Gaston KJ. 2010. Body size variation in insects: a macroecological perspective. *Biol. Rev.* 85: 139–169.
- Coddington JA, Agnarsson I, Miller JA, Kuntner M, Hormiga G. 2009. Undersampling bias: the null hypothesis for singleton species in tropical arthropod surveys. *J. Anim. Ecol.* 78: 573–584. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2009.01525.x>
- Colwell RK, Lees DC. 2000. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. *Trends Ecol. Evol.* 15:70–76. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(99\)01767-X](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(99)01767-X)
- Diehl E, Mader VL, Wolters V, Birkhofer K. 2013. Management intensity and vegetation complexity affect web-building spiders and their prey. *Oecol.* 173: 579–589. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2634-7>
- Fortes RR, Absalão RS. 2004. The applicability of Rapoport's rule to the marine molluscs of the Americas. *J. Biogeogr.* 31:1909–1916.
- González-Reyes AX, Corronca JÁ, Rodríguez-Artigas S.M. 2017. Changes of arthropod diversity across an altitudinal ecoregional zonation in Northwestern Argentina. *PeerJ*, e4117. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.4117>
- Grau O, Grytnes JA, Birks HJB. 2007. A comparison of altitudinal species richness patterns of bryophytes with other plant groups in Nepal, Central Himalaya. *J. of Biogeogr.* 34: 1907–1915. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01745.x>
- Gunnarsson B. 2007. Predation on spiders: ecological mechanisms and evolutionary consequences. *J. of Arach.* 35: 509–529.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4:1–9.
- Herzog SK, Hamel-Leigue AC, Larsen TH, Mann DJ, Soria-Auza RW, Gill BD, Edmonds WD, Spector S. 2013. Elevational distribution and conservation biogeography of Phanaeine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in Bolivia. *PLoS One*, e64963. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064963>

- Hsieh TC, Mak H, Chao A. 2016. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Meth. Ecol. Evol.* 7: 451–1456. DOI: [https:// doi: 10.1111/2041-210X.12613](https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613)
- Jiménez-Valverde A, Lobo JM. 2007. Determinants of local spider (Araneidae and Thomisidae) species richness on a regional scale: climate and altitude vs. habitat structure. *Ecolog. Entom.* 32: 113–122.
- Leal IR, Silva JMC, Tabarelli M, Lacher TE. 2005. Changing the course of biodiversity conservation in the Caatinga of Northeastern Brazil. *Conser. Biol.* 19: 701–7016.
- Leite YLR., Costa LP, Loss AC, Rocha RG, Batalha-Filho H, Bastos AC, Quaresma VC, Fagundes V, Paresque R, Passamani R, Pardini R. 2016. Neotropical forest expansion during the last glacial period challenges refuge hypothesis. *PNAS.* 113 (4):1008–1013.
- Liew TS, Schilthuizen M, Bin Laki, M. 2010 The determinants of land snail diversity along a tropical elevational gradient: insularity, geometry and niches. *J. Biogeog.* 37: 1071–1078. DOI: [https:// doi:10.1111/j.1365-2699.2009.02243.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2009.02243.x)
- Lippok D, Beck SG, Renison D, Hensen I, Apaza AE, Schleuning M. 2014. Topography and edge effects are more important than elevation as drivers of vegetation patterns in a neotropical montane forest. *J. Veg. Sci.* 25: 724-733. DOI: [https:// doi: 10.1111/jvs.12132](https://doi.org/10.1111/jvs.12132)
- Lomolino MV. 2001. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. *Glob. Ecol. Biogeog.* 10: 3–13.
- Lopes SDR, Ramos MB, Almeida GRD. 2017. The role of mountains as refugia for biodiversity in Brazilian Caatinga: conservationist implications. *Trop. Cons. Sci.* 10:1–12.
- Magurran AE. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Malden: Massachusetts: Blackwell Publishing.
- Malumbres-Olarte J, Scharff N, Pape T, Coddington Ja, Cardoso P. 2016. Gauging megadiversity with optimized and standardized sampling protocols: a case for tropical forest spiders. *Ecol. and Evol.* 7: 494–506

- Mc Cain CM. 2004. The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica. *J. Biogeog.* 31:19–31.
- Mc Cain CM. 2007a. Area and mammalian elevational diversity. *Ecol.* 88:76–86.
- Mc Cain C.M. 2007b. Could temperature and water availability drive elevational species richness patterns? A global case study for bats. *Glob. Ecol. and Biog.* 16:1–13.
- Mc Cain, C.M. 2009. Vertebrate range sizes indicates that mountains may be “higher” in the tropics. *Ecol. Letters.* 12: 550–560. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01308.x>
- Mc Cain CM, Grytnes JA. 2010. Elevational Gradients in Species Richness. In: *Encyclopedia of Life Sciences (ELS)*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Nogueira AA, Brescovit AD, Perbiche-Neves G, Venticinque E. 2021a. Spider (Arachnida-Araneae) diversity in an amazonian altitudinal gradient: are the patterns congruent with mid-domain and rapoport effect predictions? *Biota Neotrop.*, 21: e20211210. DOI: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2021-1210>
- Nogueira AA, Brescovit AD, Perbiche-Neves G, Venticinque E. 2021b. Beta Diversity along an Elevational Gradient at the Pico da Neblina (Brazil): Is Spider (Arachnida-Araneae) Community Composition Congruent with the Guayana Region Elevational Zonation? *Diversity.* 13:1–17. DOI: <https://doi.org/10.3390/d13120620>
- Otto C, Svensson BS. 1982. Structure of communities of groundliving spiders along altitudinal gradients. *Polar Ecology.* 5:35–47.
- Prado DE. 2003. As caatingas da América do Sul. In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC, editors. *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Recife: Editora da UFPRE: p. 3–74.
- Privet K, Vedel V, Fortunel C, Orivel J, Martinez Q, Cerdan A, Baraloto C, Pétilion J. 2020. Relative efficiency of pitfall trapping vs. nocturnal hand collecting in assessing soil-dwelling spider diversity along a structural gradient of Neotropical habitats. *Diversity.* 12(81):1–11.
- R Core Team: A language and environment for statistical computing. R Foundation for

- Statistical Computing. Viena, 2020. Available at: <<https://www.r-project.org/>>
- Rahbek C. 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography* 18: 200–205.
- Rahbek C. 2005. The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns. *Ecol. Lett.* 8: 224–239. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00701.x>
- Silveira AP, Loiola MIB, Gomes VS, Lima-Verde LW, Oliveira, TS, Silva EF, Otutumi AT, Ribeiro KA, Xavier FAS, Bruno, MMA, Souza SSG, Araújo FS. 2020. Flora of Baturité, Ceará: a Wet Island in the Brazilian Semiarid. *Floresta e Ambiente*, 27: e20180320. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.032018>
- Souza ALT, Martins RP. 2005. Foliage Density of Branches and Distribution of Plant-Dwelling Spiders. *Biotropica*, 37: 416–420. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.00055.x>
- Srivastava DS, Trzcinski MK, Richardson BA, Gilbert B. 2008. Why are predators more sensitive to habitat size than their prey? Insights from Bromeliad Insect Food Webs. *Amer. Natur.* 172(6): 761–771.
- Stevens GC. 1989. The latitudinal gradient in geographical range: how so many species coexist in the tropics. *The Ameri. Natur.* 133: 240–256.
- Stevens GC. 1992 The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapaport's latitudinal rule to altitude. *The Ameri. Natur.* 140: 893–911.
- Terborgh J. 1977. Bird species diversity on an Andean elevational gradient. *Ecol.* 58:1007–1019.
- Tourinho ALM, Lo Man Hung N. 2021. Standardized Sampling Methods and Protocols for Harvestman and Spider Assemblages. In: SANTOS JC, FERNANDES GW. (Ed.). . *Measuring arthropod biodiversity: a handbook of sampling methods*. Cham, Switzerland: Springer Nature. p. 365–402.
- Uetz G.W. 1975. Temporal and spatial variation in species diversity of wandering spiders (Araneae) in deciduous forest litter. *Environ. Entom.* 4(5): 719–724.

Werneck FP. 2011. The diversification of eastern South American open vegetation biomes: Historical biogeography and perspectives. *Quatern. Scien. Rev.* 30: 1630- 1648.DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.03.009>

Whittaker, RH. 1967. Gradient analysis of vegetation. *Biolog. Rev.* 42: 207–264.

Wickham H. 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York, Springer-Verlag.

Zar JH. 1996. *Biostatistical Analysis*. 3^a ed ed. Upper Saddle River: Prentice Hall.

Tabela 1: Composição da fauna de aranhas edáficas ; Abundância Relativa – AB%; Amp - Amplitude da ocorrência das espécies que ocorreram em mais de um extrato altitudinal; Raridade: U = Unique, DP = Duplicate, S = Singleton, DB = Doubleton ; Média ponderada da abundância das espécies em função da altitude - WAM, Ponto Médio Altitudinal.

Taxon	Altitude (m)					Total	AB%	Raridade	Amp	WAM
	373	600	700	855	1114					
Actinopodidae										
<i>Actinopus</i> gr. <i>nattereri</i> sp. nov.1	0	1	0	0	3	4	0%		514	985,50
Anyphaenidae										
<i>Aljassa</i> sp.1	0	0	0	0	2	2	0%	DP,S		
Araneidae										
<i>Araneus vincibilis</i> (Keyserling, 1893)	0	0	0	0	1	1	0%	U,S		
<i>Eustala</i> aff. <i>taquara</i>	0	0	0	1	0	1	0%	U,S		
<i>Pronous</i> sp.1	1	0	0	0	0	1	0%	U,S		
Barychelidae										
<i>Neodiplothele caucaia</i> Gonzalez-Filho, Lucas & Brescovit, 2015	13	7	7	5	19	51	4%		740	772,61
<i>Neodiplothele</i> sp. nov.1	0	1	1	0	5	7	1%			
Corinnidae										
<i>Abapeba</i> sp.1	0	8	1	1	2	12	1%		514	715,25
<i>Apochinomma</i> sp.1	0	1	0	0	0	1	0%	U,S		
<i>Castianeira</i> sp.1	1	0	0	0	1	2	0%	DP,DB	740	744,00
<i>Castianeira</i> sp.2	2	11	2	0	0	15	1%		326	583,20
<i>Castianeira</i> sp.3	1	0	0	0	0	1	0%	U,S		
<i>Corinna</i> gr. <i>kochi</i> sp.n.1	7	23	0	0	0	30	3%		226	547,27
<i>Corinna</i> gr. <i>kochi</i> sp.n.2	1	6	5	1	3	16	1%		740	729,44
<i>Corinna</i> gr. <i>rubripes</i> sp.n.1	7	0	0	0	1	8	1%		740	466,50
Corinninae gen. nov.1 aff. <i>Methesis</i> sp.1	2	0	1	0	0	3	0%		326	482,67
Corinninae gen. nov.2 sp.1	0	2	0	0	0	2	0%	DP,S		
Corinninae gen. nov.3 sp.1	1	1	0	0	1	3	0%		740	696,00
Corinninae gen. nov.4 sp.1	2	0	0	0	0	2	0%	DP,S		
Corinninae sp.5	1	0	0	0	0	1	0%	U,S		
Corinninae sp.6	0	0	1	0	0	1	0%	U,S		
<i>Mazax</i> sp.1	0	10	0	0	0	10	1%			
<i>Parachemmis mastigostylus</i> (Mello-Leitão, 1948)	0	0	0	1	2	3	0%		259	1027,67
<i>Paradiestus</i> sp.1	0	0	0	0	2	2	0%	DP,S		
<i>Simonestus</i> sp.1	0	0	0	0	1	1	0%	U,S		
<i>Tupirinna palmares</i> Xavier & Bonaldo, 2021	9	1	0	0	71	81	7%		740	1025,43
<i>Xeropigo oxente</i> Carvalho, Shimano,	1	0	0	0	0	1	0%	U,S		374,00

Taxon	Altitude (m)					Total	AB%	Raridade	Amp	WAM
	Família	373	600	700	855					
<i>Gyruita</i> sp. nov.1	1	2	0	0	15	18	2%		740	1015,78
<i>Hapalopus</i> sp.1	1	0	0	0	0	1	0%	U,S		
<i>Kochiana</i> sp. nov.1	3	1	2	1	2	9	1%		740	689,44
<i>Tmesiphantes guayarus</i> Fabiano-da-Silva, Guadanucci & DaSilva, 2019	2	0	4	0	3	9	1%		740	765,56
<i>Tmesiphantes nordestinus</i> Fabiano-da-Silva, Guadanucci & DaSilva, 2019	0	3	0	0	1	4	0%		514	728,50
Theridiidae										
<i>Euryopsis</i> sp.1	0	2	0	0	2	4	0%		514	857,00
<i>Guaraniella mahnerti</i> Baert, 1984	0	0	1	0	0	1	0%	U,S		
<i>Steatoda</i> sp.1	1	0	0	0	0	1	0%	U,S		
Theridiidae sp.1	0	0	0	4	0	4	0%			
Theridiidae sp.2	0	0	0	1	0	1	0%	U,S		
Theridiidae sp.3	0	1	0	0	0	1	0%	U,S		
Thomisidae										
Thomisidae sp.1 <i>Bucranium taurifrons</i> O. Pickard-Cambridge, 1881	0	0	1	0	0	1	0%	U,S		
Trachelidae										
<i>Trachelas</i> sp.1	0	0	0	0	5	5	0%			
Zodariidae										
<i>Epicratinus takutu</i> Jocqué & Baert, 2005	0	0	0	0	8	8	1%			
<i>Epicratinus vader</i> Gonçalves & Brescovit, 2020	49	72	8	0	9	138	12%		740	559,07
<i>Epicratinus zelda</i> Gonçalves & Brescovit, 2020	6	3	0	1	33	43	4%		740	968,86
<i>Leprolochus</i> cf. <i>mucuge</i>	38	180	2	6	1	227	19%		740	572,05
Abundância total	257	449	77	45	343	1171				
Riqueza	61	46	29	21	50	107				

Figura 1: Mapa dos municípios amostrados em função do gradiente de elevação existente. A – localização da região de estudo no Brasil; B – limite dos municípios amostrados; C – área de estudo, apresentando os pontos de coleta (pontos amarelos) e a variação altitudinal da região (escala de marrom, com legenda na figura).

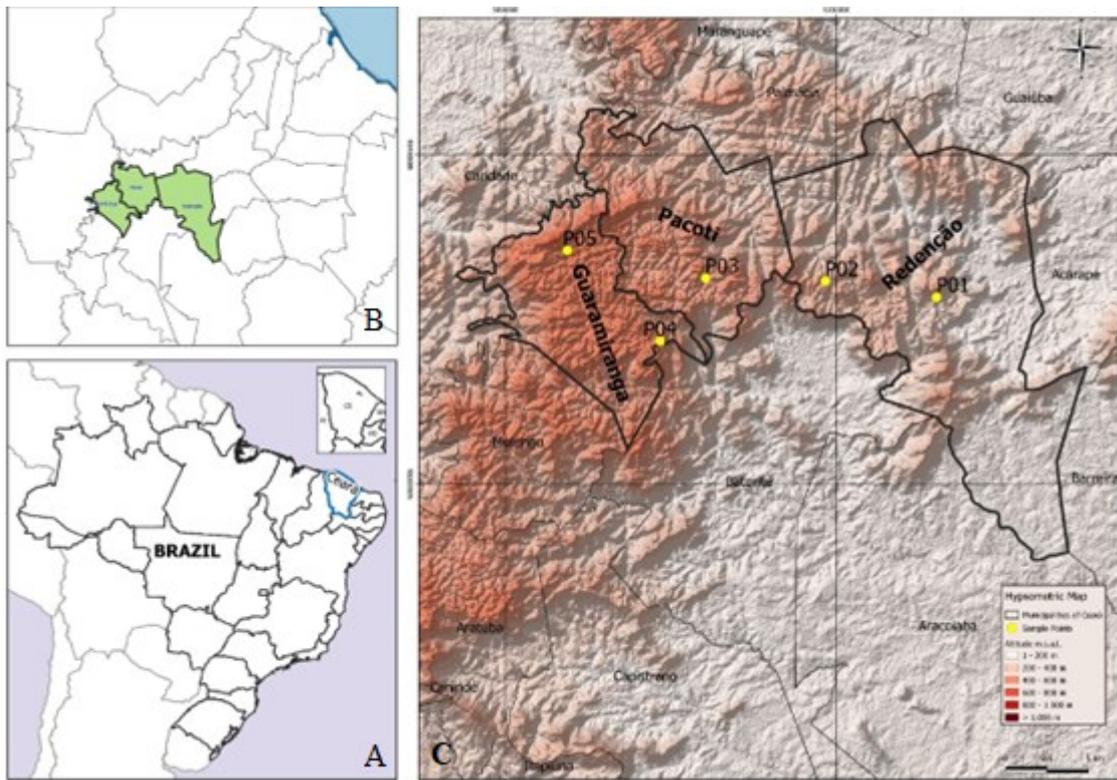


Figura 2: Padrão de Riqueza total e abundância de aranhas edáficas coletadas por meio de pitfall ao longo de um gradiente de elevação existente no Maciço do Baturité, Ceará, Brasil. Números nas barras representam a riqueza de espécies observada em cada estrato altitudinal.

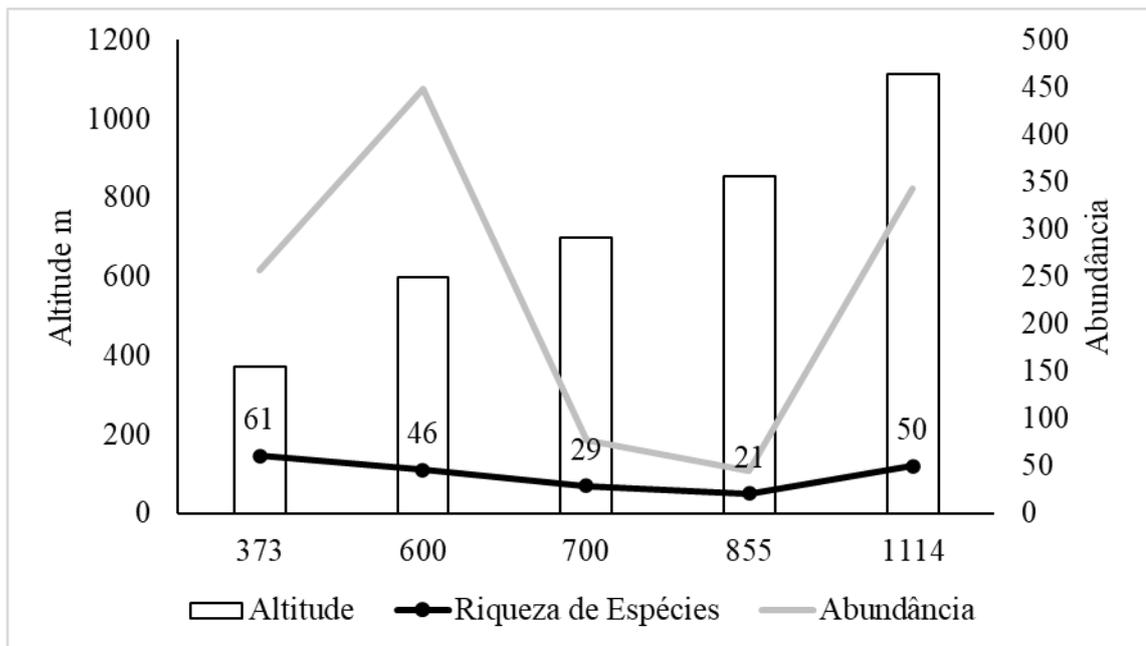


Figura 3: Curva de rarefação plotada em função das espécies de aranhas edáficas coletadas no gradiente de elevação existente no Brejo de Altitude inserido no Maciço do Baturité.

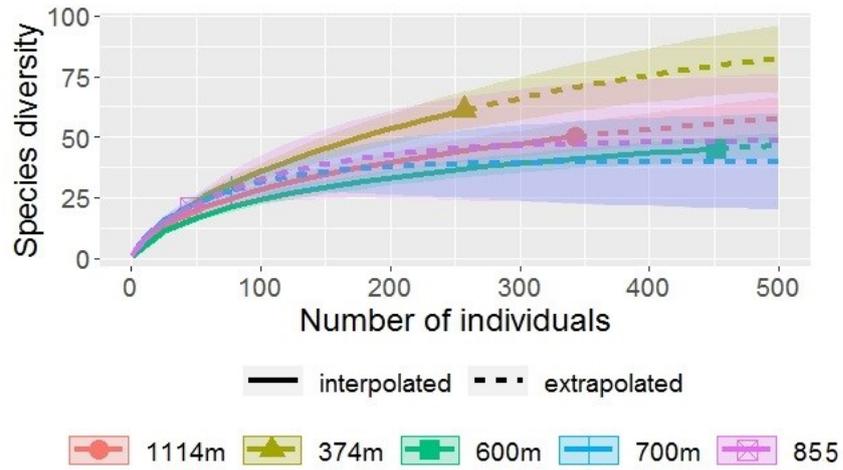


Figura 4: A – Variação do índice de Shannon.; B – Variação do índice de Simpson.

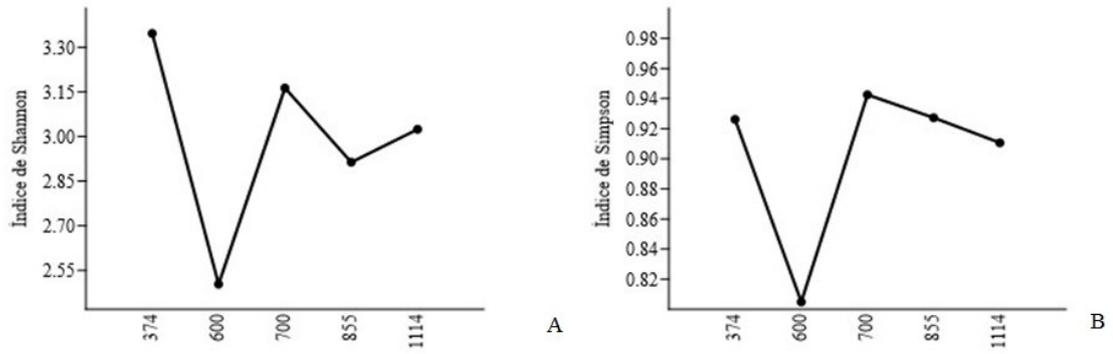
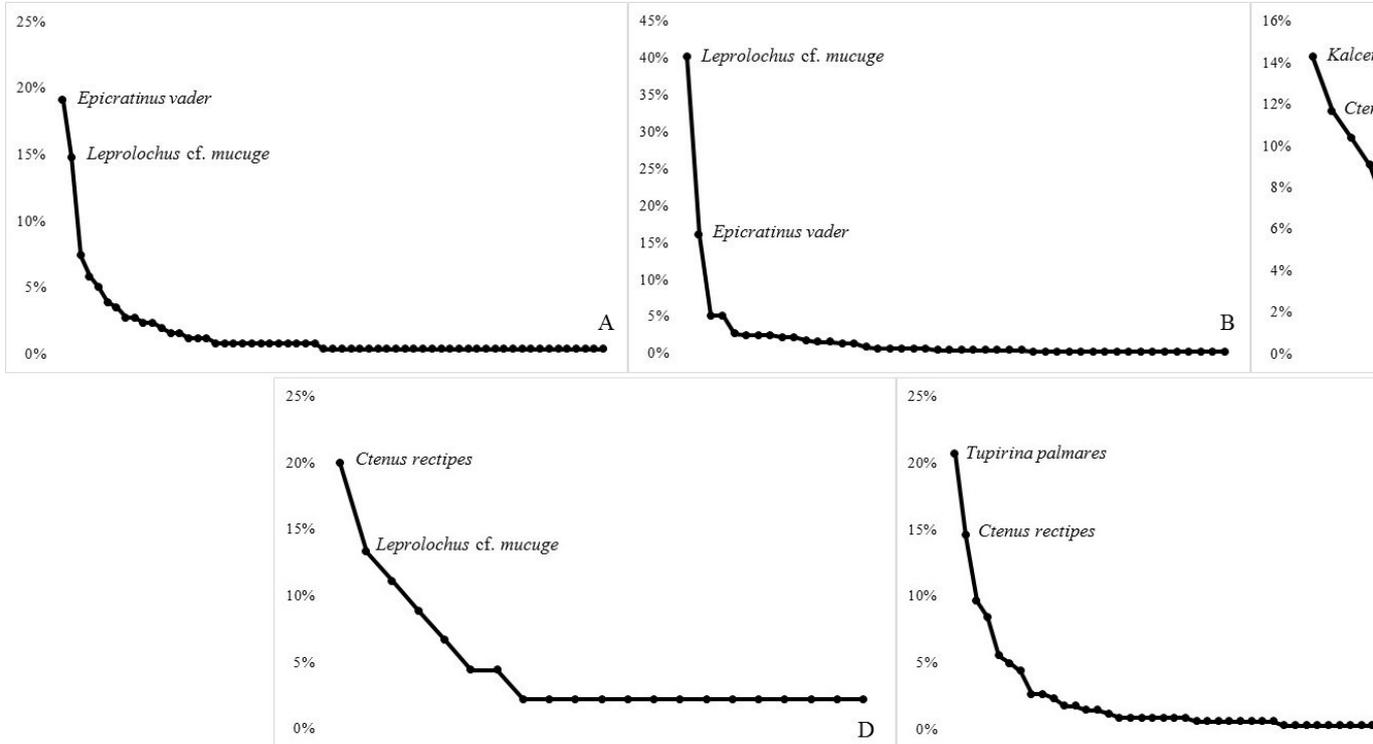


Figura 5: Modelos de abundância para as espécies em função dos extratos altitudinais no Maciço do Baturité. A – 374m; B – 600m; C – 700m; D – 855m; E – 1114.



4 CAPÍTULO 3 - MANUSCRITO A SER SUBMETIDO A REVISTA MOUNTAIN ECOLOGY: EFEITOS DA VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM UMA ASSEMBLEIA DE ARANHAS EDÁFICAS DISTRIBUÍDA EM UM GRADIENTE DE ELEVAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

RESUMO

O Domínio Semiárido Brasileiro (DSB), localizado na porção leste do Continente Americano é marcado por formações vegetais adaptadas à escassez hídrica, pluviosidade irregular e elevada evapotranspiração. No DSB as formações rochosas cuja altitude ultrapassam 500m acima do nível do mar, e que quando localizadas à barlavento, propiciam a ocorrência de vegetação de altitude, denominados Brejos de Altitude, resultando em flora e fauna diferenciada da existente na Caatinga *Strictu sensu*. Os invertebrados terrestres respondem diferentemente as variações pluviométricas anuais sobretudo em áreas de Caatinga *Strictu sensu*, de modo que tendem a aumentar a sua abundância e atividade após o aumento da pluviosidade/umidade. Considerando a pluviosidade existente nos Brejos de Altitude, testamos a hipótese de que a riqueza e a abundância de aranhas edáficas foram correlacionada com a variação pluviométrica anual e que essa correlação é vinculada a variação da altitude existente no Brejo de Altitude, bem como testamos também a hipótese de que a altitude exercerá efeito na correlação entre a abundância das aranhas observadas e a macrofauna edáfica coletada. As aranhas edáficas e consequente a macrofauna edáfica foram amostradas por 250 baterias de pitfalls trap, distribuídas ao longo de cinco pontos amostrais ao longo de um gradiente altitudinal existente no Maciço do Baturité, Ceará, durante o período de agosto 2020 à agosto de 2021. As hipóteses do trabalho foram testadas por meio do uso de Modelos Lineares Generalizados Mistos – GLM Misto, utilizando o parâmetro altitude como covariável atrelada a variância da abundância / riqueza de espécies, e variável de efeito misto. Observou-se variação mensal significativa da abundância das espécies (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), bem como entre período seco e chuvoso (Mann-Whitney, $p < 0,05$), assim como a riqueza de espécies variou entre o período seco e chuvoso (Qui-quadrado, $p < 0,05$). A abundância e riqueza das aranhas edáficas, assim como a abundância da macrofauna quando correlacionadas com a pluviosidade de forma isolada exibiram correlações de forma aleatória, e todas as correlações exibiram pouco ajuste (Teste F, $p > 0,05$), contudo, tais correlações quando consideradas o efeito da altitude como covariável por meio do GLM misto exibiram

significância estatística, evidenciando que a altitude gera um efeito na variância da abundância e riqueza de espécies de aranhas edáficas, macrofauna edáfica e da pluviosidade como um todo. Assim, os dados obtidos nos permitem sugerir que devido a pluviosidade existente no Brejo de Altitude em função da variação da altitude em questão exerce efeito diferente na diversidade de aranhas edáficas

Palavras chave: Aranhas de solo; Dinâmica Populacional; Efeitos das chuvas; Efeitos da Altitude; Variação da Macrofauna edáfica.

ABSTRACT

The Brazilian Semi-Arid Domain (BSD), located in the eastern portion of the American Continent, is marked by vegetational formations adapted to water scarcity, irregular rainfall and high evapotranspiration. In the BSD, rock formations whose altitude exceeds 500m above sea level, and when located to the windward, favor the occurrence of altitude vegetation, called Brejos de Altitude, resulting in flora and fauna different from that existing in the Caatinga *Strictu sensu*. Terrestrial invertebrates respond differently to annual rainfall variations, especially in Caatinga *Strictu sensu* areas, so they tend to increase their abundance and activity after the increase in rainfall/humidity. Considering the rainfall existing in the Brejos de Altitude, we tested the hypothesis that the richness and abundance of edaphic spiders will be correlated with the annual rainfall variation and that this correlation is linked to the variation of the existing altitude in the Brejo de Altitude, as well as testing the hypothesis that altitude will exert an effect on the correlation between the abundance of the observed spiders and the edaphic macrofauna collected. The edaphic spiders and consequent edaphic macrofauna were sampled by 250 pitfall trap batteries distributed over five sampling points along an altitudinal gradient existing in the Maciço do Baturité, Ceará, during the period from August 2020 to August 2021. The hypotheses of the work were tested through the use of Mixed Generalized Linear Models – Mixed GLM, using the altitude parameter as a covariate linked to the variance of abundance / species richness, and a mixed effect variable. There was a significant monthly variation in species abundance (Kruskal-Wallis, $p < 0.05$), as well as between the dry and rainy season (Mann-Whitney, $p < 0.05$), as well as the species richness varied between the dry and rainy (Chi-square, $p < 0.05$). The abundance and richness of edaphic spiders, as well as the abundance of macrofauna when correlated with rainfall alone, exhibited random correlations, and all correlations exhibited little adjustment (F-Test, $p > 0.05$), however, such correlations when considering the effect of altitude as a covariate

through the mixed GLM, they exhibited statistical significance, showing that altitude generates an effect on the variance of the abundance and richness of edaphic spider species, edaphic macrofauna and rainfall as a whole. Thus, the data obtained allow us to suggest that due to the existing rainfall in the Brejo de Altitude as a function of the altitude variation in question, it exerts a different effect on the diversity of edaphic spiders.

Key words: Ground spiders; Population Dynamics; Rainfall effects; Altitude Effects; Edaphic macrofauna variation.

INTRODUÇÃO

O continente Sul Americano possui três tipos climáticos dominantes, respectivamente, tropical, temperado e semiárido, esse último abrangendo cerca de 15% da área continental (Peel *et al.*, 2007). A porção tropical e subtropical à leste do Continente Americano é marcado pela presença formações florestais abertas tropicais estacionais e secas, adaptadas a escassez hídrica (Zanella, 2011), apresentando 13 tipos diferentes de formações vegetais (Silva *et al.*, 2017).

No semiárido brasileiro, as chuvas são consideradas baixas (750mm/ano), concentradas no primeiro semestre do ano, de modo que ocorrem de forma irregular e distribuídas de forma errática, o que faz com que muitas áreas passem por regimes de secas interanuais (Andrade-Lima, 1981; Prado, 2003). Contudo, nesse cenário, é possível encontrar formações relictuais de Mata Atlântica inseridas em áreas de barlavento, associadas a chuvas orográficas e a altitudes superiores à 600m, denominadas Brejos de Altitude (Prado, 2003), onde são encontradas fauna e flora diferentes da Caatinga (Werneck, 2011).

Os invertebrados terrestres respondem à variações pluviométricas anuais, aumentando sua abundância e atividade em períodos mais chuvosos, sobretudo em regiões tropicais (Wolda, 1988). Esse padrão de resposta também é encontrado no semiárido brasileiro, aumentando assim sua riqueza de espécies, biomassa, atividade e forrageio (Moura *et al.*, 2006a; Moura *et al.*, 2006b; Vasconcellos *et al.*, 2007; Nunes *et al.*, 2011). No entanto, como para aranhas, essa resposta não é sincronizada com a pluviosidade, exibindo uma resposta atrasada em relação ao período chuvoso (Carvalho *et al.*, 2015).

Em ecossistemas montanhosos, fatores abióticos como pluviosidade tendem a aumentar concomitante com o aumento da altitude, principalmente em regiões semiáridas independentemente da latitude (Barry, 2008). No caso dos Brejos de Altitude, esses

ecossistemas apresentam pluviosidade média superior a 1.200mm (Queiroz *et al.*, 2017), o que é superior à média anual para as áreas de Caatinga (Prado, 2003; Silva *et al.*, 2017), exibindo padrões de influência distinta na riqueza e abundância de insetos, aracnídeos e miriapodos diferentes das áreas de Caatinga (Azevedo *et al.*, 2020).

Portanto, partindo da premissa que os Brejos de Altitude possuem maior pluviosidade do que áreas de Caatinga *Strictu sensu*, propomos as hipóteses de que (1) as comunidades de aranhas edáficas se tornam mais abundantes com o aumento na pluviosidade anual e que (2) esse efeito depende do gradiente de elevação. Testamos também a hipótese de que a altitude exercerá efeito na correlação entre a abundância das aranhas observadas e a macrofauna edáfica coletada, de modo que quanto maior a altitude, maior a correlação entre aranhas observadas e a macrofauna edáfica.

Material e Métodos

Área de Estudo

Área de estudo consiste em cinco pontos amostrais (Tabela 1) que seguem o gradiente altitudinal existente na Serra do Baturité (Figura 1). Os mapas foram elaborados pelo software livre QGis (QGis, 2022). A temperatura tende a diminuir enquanto a pluviosidade aumenta à medida que se avança ao longo do topo do gradiente de elevação. Os meses mais quentes do ano correspondem ao período de julho a novembro enquanto os meses com maior pluviosidade corresponde aos meses de fevereiro e março (Funceme, 2022).

Tabela 1: Pontos, Municípios e altitudes em que foram realizados amostragem de aranhas edáficas por meio de pitfall trap.

Ponto	Município	Altitude (m)	Pluviosidade (mm)
01	Redenção	373	90,75
02	Redenção	600	117,91
03	Pacoti	700	127,16
04	Guaramiranga	855	140,75
05	Guaramiranga	1114	134,91

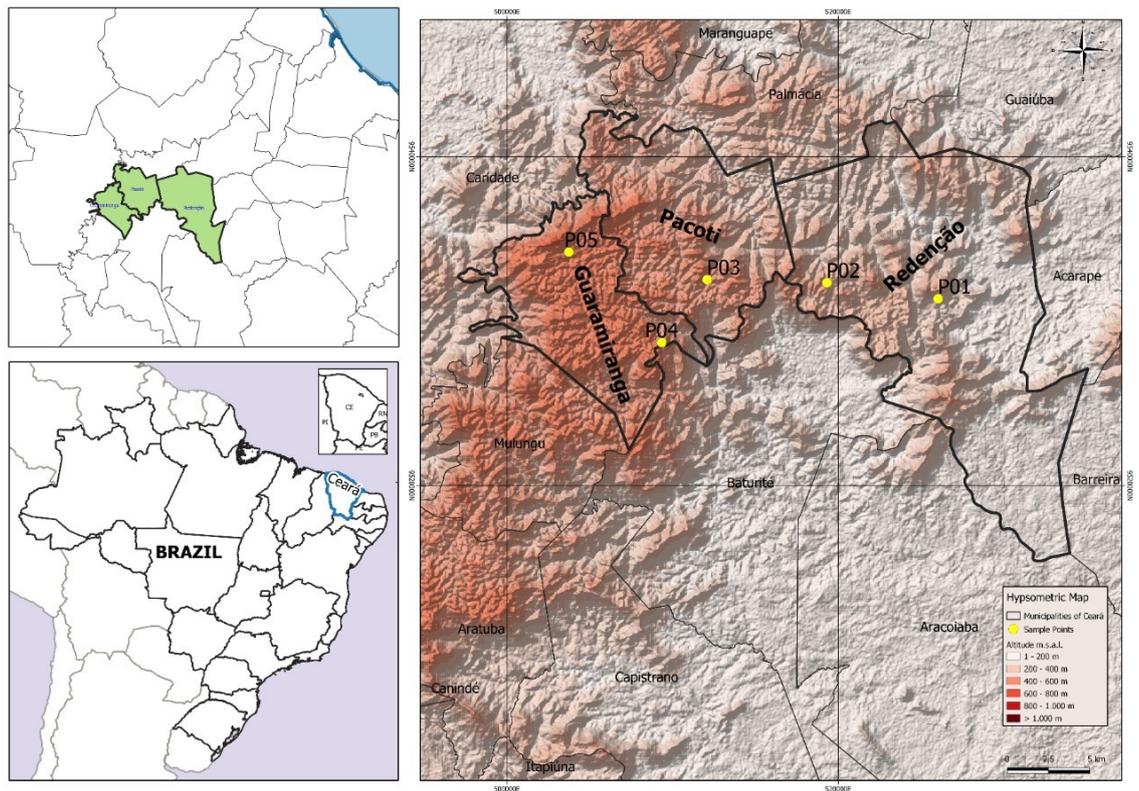


Figura 1: Mapa dos municípios amostrados em função do gradiente altitudinal existente.

A partir dos 400m de altitude, observa-se vegetação caracterizada como ombrófila densa (Veloso *et al.*, 1992), observando a ocorrência de representantes da família Myrtaceae, Fabaceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Bromeliaceae, Orchidaceae, Celastraceae e Erythroxylaceae (Araújo *et al.*, 2007) aumento da riqueza de espécies vegetais em função do aumento da altitude (Silveira *et al.*, 2020).

Amostragem

A amostragem ocorreu durante o período de agosto de 2020 a agosto de 2021, perfazendo 13 coletas mensais em cada uma das áreas de pesquisa, por meio de armadilhas do tipo armadilhas de queda para invertebrados terrestres, onde cada armadilha permaneceu operante por sete dias/mês. Cada conjunto de cinco armadilhas em forma de curz constituiu uma unidade amostral, amostrando assim 5 metros quadrados / conjunto de armadilhas (Carvalho, 2015). Ao todo, foram instaladas 10 baterias de pitfall em cada altitude amostrada, totalizando 50 m² de área amostrada/ponto do gradiente. As baterias foram instaladas em forma linear, com espaçamento mínimo de 10m entre cada bateria.

Cada pitfall consistiu em um recipiente plástico (10cm diâmetro por 15cm de profundidade), enterrado no nível do solo, no qual foi colocado 400 mL de solução salina supersaturada (1Kg de sal de cozinha por litro de água), além de gotas de detergente visando quebrar a tensão superficial da água (Carvalho, 2015). Acima de cada pitfall, foi instalado um telhado improvisado à base de isopor, fixado com palitos de churrasco, evitando assim a incidência excessiva de luz solar sob os pitfall, bem como ajudar a reduzir os materiais diversos que eventualmente caem nas armadilhas, bem como excesso de chuva (Carvalho, 2015).

Análises Estatísticas

As aranhas coletadas em cada bateria de pitfall trap (Carvalho, 2015) foi considerado uma unidade amostral (N unidades amostrais = 10 por estrato altitudinal), de modo que os dados obtidos foram organizados em matrizes de abundância em função das unidades amostrais e matriz de abundância em função dos extratos altitudinais (374, 600, 700, 855 e 1114 m).

Tais dados representam o somatório dos dados referentes ao período compreendido entre agosto 2021 e agosto 2022, totalizando 13 meses de unidades amostrais. Esse mesmo critério foi adotado para a macrofauna edáfica (insetos, excluindo Diptera, Hymenoptera (Vespidae), e Lepidoptera capturados pelos pitfalls; para aracnídeos foram contabilizados indivíduos adultos e juvenis; e myriapodos).

A delimitação da variação anual da pluviosidade (período chuvoso e período seco) foi realizada por meio da média histórica anual, do período compreendido entre 2000-2019,

obtidos pela Fundação Cearense de Meteorologia – Funceme (Funceme 2022). Utilizou-se esse tipo de dados em função do posto de coleta da Funceme em Guaramiranga não está operando. Para que se tenha dados pluviométricos equivalentes a 13 meses de coleta (agosto 2020-agosto 2021), o valor correspondente ao mês de agosto foi utilizado como referência para os anos de 2020 e 2021.

A variação anual da pluviosidade dos três municípios foi mensurada por meio de uma Anova de Medidas Repetidas – *Repeated Measures Anova* (Zar, 1996). A partir dos dados históricos mensais, foi calculado a variação média da pluviosidade relativa a cada um dos três municípios para que possa mensurar como a fauna de aranhas (abundância e riqueza) e a macrofauna são correlacionadas isoladamente com a variação da pluviosidade mensal, utilizando-se a correlação de Pearson (Zar, 1996). Em seguida, os dados foram submetidos ao teste de Anova para se mensurar o ajuste dos dados utilizados na correlação (Silva *et al.*, 2022).

Posteriormente, objetivando mensurar os efeitos do gradiente de elevação na pluviosidade e conseqüentemente nas assembleias de aranhas edáficas, realizou-se um Glm do tipo misto (Crawley, 2013), tendo como variável de efeito aleatório a altitude. Essa análise foi utilizada para testar duas hipóteses: I - que o gradiente de elevação influencia a pluviosidade e conseqüentemente, influencia a riqueza e abundância de aranhas edáficas; II – que o gradiente de elevação influencia a pluviosidade e conseqüentemente, influencia a macrofauna edáfica e a correlação aranhas – macrofauna.

Para o Glm misto, considerou-se a pluviosidade média reportada em função da média histórica anual do período compreendido entre 2000 e 2019. O GLM misto foi executado usando distribuição de Poisson, e na ocorrência de sobredispersão, foi utilizado Distribuição binomial negativa (Crawley, 2013; Silva *et al.*, 2022).

Posteriormente foi realizado uma Análise de Correspondência Canônica (Gotelli; Ellison, 2011; Legendre; Legendre, 2012) visando ter uma melhor visualização dos efeitos do gradiente de pluviosidade existente em função do gradiente de elevação. Para essa análise de ordenação, foram utilizados pluviométricos associados às coordenadas dos pontos amostrais, obtidos por meio do banco de dados World Clim com resolução de 30' (Fick; Hijmans, 2017). Para uma melhor visualização, os dados relativos à fauna de aranhas edáficas foram inseridos em categoria de Família.

Diferenças na abundância ao longo do período anual foram testadas por meio do teste de Kruskal-Wallis, entre o período seco e chuvoso por meio do teste de Mann-Whitney (Zar, 1996). Diferenças na riqueza de espécies em função de cada período seco e chuvoso foi mensurada por meio do teste de Qui-quadrado (Zar, 1996).

Para mensurar a variação da diversidade em função da pluviosidade e de cada faixa do gradiente de altitude, foram utilizados os Índices de Diversidade de Shannon e Simpson, respectivamente por darem peso avaliarem a diversidade em função das espécies raras e dominantes, bem como a Equabilidade de Pielou (Magurran, 2004). Utilizou-se a abundância das espécies coletadas. Posteriormente, os Índices de Diversidade foram correlacionados com a pluviosidade, de modo que o ajuste dos dados foi mensurado por meio do teste de Anova (Silva *et al.*, 2022)

A curva de riqueza de espécies foi calculada por meio da matriz de unidades amostrais, utilizando-se os métodos de Rarefação, Método de Interpolação e Extrapolação (Nogueira *et al.*, 2021). A curva de rarefação foi construída por meio do método “coverage - based” (Chao; Jost, 2012). O método de rarefação é utilizado para comparar comunidades biológicas que não apresentam amostragem totalmente iguais, padronizando assim as curvas pela menor abundância observada (Magurran, 2004; Chao; Jost, 2012).

A interpolação assume que as espécies ocorrem em todos os extratos altitudinais que compõem a amplitude altitudinal, isto é, o limite superior e limite inferior da faixa altitudinal em que determinada espécie ocorre (Almeida-Neto *et al.*, 2006, Bhattarai; Vetaas, 2006; Grau *et al.*, 2007). Tal método se justifica devido ao pressuposto que a amostragem de comunidades biológicas é comumente incompleta (Magurran, 2004), principalmente em comunidades de artrópodes tropicais (Coddington *et al.*, 2009) bem como gradientes altitudinais são contínuos.

As análises estatísticas, bem como os Índices de Diversidade e a Análise de Correspondência Canônica foram calculados por meio do programa Past (Hammer *et al.*, 2001). A curva de Rarefação, a curva de extrapolação e interpolação foi plotada por meio do Software R (R Core Team, 2020), utilizando-se o pacote iNEXT (Hsieh *et al.*, 2016) e ggplot2 (Wickham, 2016). O GLM misto também foi calculado por meio do Software R (R Core Team, 2020), utilizando-se os pacotes Lme4 (Bates *et al.*, 2014) e DHARMA (Hartig, 2022).

RESULTADOS

A fauna de aranhas edáficas amostradas foi representada por 1172 indivíduos adultos, correspondendo à 107 spp., pertencentes à 31 famílias e 243 indivíduos juvenis. A maior riqueza de espécies foi observada no período seco (Setembro), enquanto a maior abundância foi observada no período chuvoso (Fevereiro) (Tabela 2).

Tabela 2: Variação da abundância das espécies (indivíduos adultos) em função da variação da pluviosidade anual para o Brejo de Altitude. Meses assinalados em cinza correspondem ao período com maior pluviosidade.

Taxon	2020					2021								Total
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Actinopodidade														
<i>Actinopus</i> gr.														
<i>nattereri</i> sp. nov.1							3	1						4
Anyphaenidae														
<i>Aljassa</i> sp.1			1									1		2
Araneidae														
<i>Araneus vincibilis</i> (Keyserling, 1893)										1				1
<i>Eustala</i> aff. <i>taquara</i>					1									1
<i>Pronous</i> sp.1							1							1
Barychelidae														
<i>Neodiplothele</i> <i>caucaia</i> Gonzalez-Filho, Lucas & Brescovit, 2015				1	4		24	14	4	4				51
<i>Neodiplothele</i> sp. nov.1	1	2	1	1						2				7
Corinnidae														
<i>Abapeba</i> sp.1	1	1				1	3	4		1	1			12
<i>Apochinomma</i> sp.1									1					1
<i>Castianeira</i> sp.1				1	1									2
<i>Castianeira</i> sp.2	1	1	3	1		6	1	2						15
<i>Castianeira</i> sp.3			1											1
<i>Corinna</i> gr. <i>kochi</i> sp.n.1	2	1	1	2		7	10	4	2	1				30
<i>Corinna</i> gr. <i>kochi</i> sp.n.2	1		2	1	1	1	5	4			1			16
<i>Corinna</i> gr. <i>rubripes</i> sp.n.1		1		1								2	4	8
Corinninae gen. nov.1 aff. <i>Methesis</i> sp.1		1			1							1		3
Corinninae gen. nov.2 sp.1							1					1		2

Taxon	2020					2021					Total			
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V		VI	VII	VIII
<i>Trachelas</i> sp.1 Zodariidae			1			2	1		1					5
<i>Epicratinus takutu</i> Jocqué & Baert, 2005				2		1	5							8
<i>Epicratinus vader</i> Gonçalves & Brescovit, 2020		1	3	21	8	36	56	10	1	1			1	138
<i>Epicratinus zelda</i> Gonçalves & Brescovit, 2020	4		2		2	5	22	4	2	1	1			43
<i>Leprolochus</i> cf. <i>mucuge</i>	25	48	63	34	9	3			1		11	33		227
Abundância	79	120	118	133	70	120	205	112	48	39	35	67	26	1172
Riqueza	33	40	34	36	24	27	33	29	22	16	12	21	14	

O período de maior pluviosidade corresponde de fevereiro a abril. O município de Redenção apresentou menor índice pluviométrico, enquanto Guaramiranga apresentou o maior. A variação anual média da pluviosidade difere entre os municípios ($F = 17,44$, $gl=35$, $p < 0,05$). A abundância das espécies varia ao longo do período chuvoso e seco (Kruskal-Wallis, $H: 26,74$, $p < 0,05$), representado respectivamente por 648 indivíduos no período chuvoso e 524 indivíduos no período seco.

A riqueza de espécies difere estatisticamente em função do período chuvoso e seco (Qui-quadrado, 18.105 , $gl = 107$, $p < 0,05$), de modo que no período seco foi observada a ocorrência de 97 espécies enquanto no período chuvoso foi observado a ocorrência de 57 espécies. Somente *Tupirinna palmares* (Corinnidae) e *Ctenus rectipes* (Ctenidae) foram observadas em todos os meses de coleta. 13 Espécies foram observadas somente no período chuvoso (Figura 3).

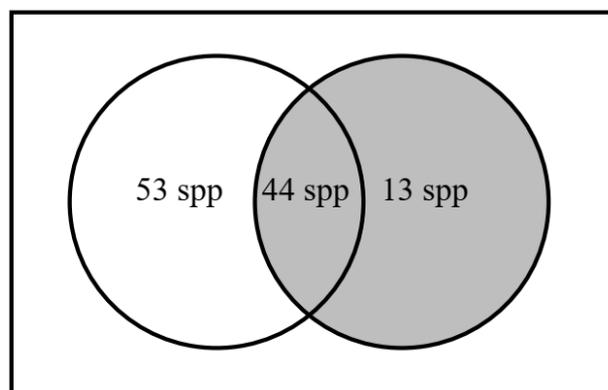


Figura 3: Diagrama de Venn ilustrando a riqueza das espécies observadas em função período chuvoso (destacado em cinza) e período seco.

As análises de correlações quando testadas isoladamente, isto é, sem o inserir o efeito da altitude, entre a variação da pluviosidade e a variação da abundância / riqueza de aranhas exibiram correlações fracas, não significativas em sua maioria, e ausência de ajuste significativo dos dados em sua maioria (Tabela 3).

Tabela 3: Modelos de Regressão estabelecidas para a variação anual da pluviosidade e abundância e riqueza de indivíduos adultos de aranhas edáficas em um gradiente de elevação existente no Maciço do Baturité, Ceará. Legenda: Valores significativos em cinza.

Abundância - Pluviosidade					
Altitude	Correlação	R²	P	F	P
374	0,14651	0,021464	0,63293	0,24129	0,36707
600	-0,15764	0,024851	0,607	0,28033	0,393
700	0,15039	0,022616	0,62386	0,19797	0,335
855	-0,7171	0,51424	0,0058003	11,645	0,0058003
1114	0,10035	0,010069	0,74429	0,11189	0,25571
Riqueza de Espécies - Pluviosidade					
Altitude	Correlação	R²	P	F	P
374	0,01583	0,00025058	0,95907	0,0063543	0,062103
600	0,10635	0,091281	0,0083322	0,092424	0,23321
700	-0,10485	0,010994	0,73318	0,12228	0,26682
855	-0,6259	0,39175	0,022119	70,847	0,022119
1114	0,089906	0,008083	0,77022	0,089638	0,22978

Quando considerado a variável altitude como uma covariável, isto é, que influencia na variância dos dados, observa-se efeito significativo nas relações entre a abundância e a pluviosidade ($p < 0,05$, $df=3$), bem como entre a riqueza de espécies e a pluviosidade ($p < 0,05$, $df=3$).

Para as aranhas juvenis, observou-se a ocorrência de 16 famílias, cujas famílias mais abundantes foram Ctenidae, Salticidae e Zodariidae (Tabela 4). Observou-se que novembro foi o mês que apresentou maior número indivíduos juvenis. Por fim, observou-se também que a família Ctenidae ocorreu em todos os meses do período de amostragem.

Tabela 4: Variação anual de famílias de aranhas edáficas representadas por indivíduos juvenis.

Famílias	2020					2021							Total	
	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul		Ago
Araneidae												2	1	3
Barychelidae	1	1		1			2	1						6
Corinnidae	2	2	1				2	2	3	1	1	8	3	25
Ctenidae	20	4	4	4	1	3	10	13	3	6	8	9	8	93
Gnaphosidae			1											1
Linyphiidae				1								1		2
Lycosidae	1							1						2
Ochyroceratidae			1											1
Palpimanidae				2				1	4	1				8
Pisauridae										1				1
Salticidae	4	2	10	6	1	1	2	4	7	2		4	2	45
Segestriidae													1	1
Sparassidae	4	1	1	2								2		10
Theraphosidae	4	2							1					7
Theridiidae				2										2
Zodariidae	2	3		27				1	2				1	36
Abundância	38	15	18	45	2	4	16	23	20	11	9	26	16	243
Riqueza (famílias)	8	7	6	8	2	2	4	7	6	5	2	6	6	

A curva de rarefação baseada no método de interpolação e extrapolação exibiu ausência de estabilização para cada um dos extratos altitudinais analisados (Figura 4). Os estimadores de riqueza fazem estimativas de riqueza variando entre 146 e 171 espécies, onde respectivamente, Chao II = 156,225 espécies, Jack Knife I = 146,18 espécies, e Jack Knife II = 171,434 espécies.

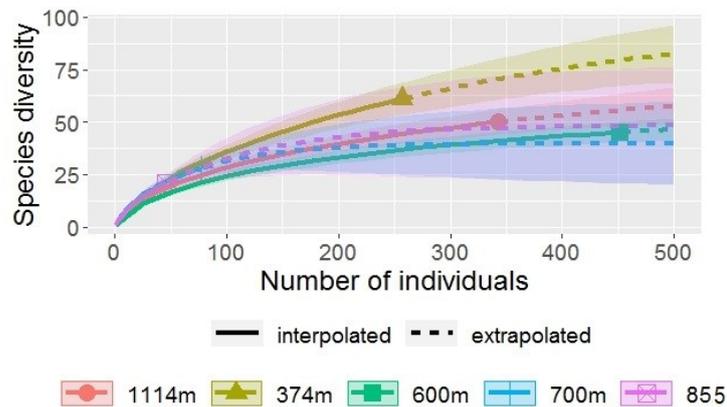


Figura 4: Curva de Rarefação baseada no método de interpolação e extrapolação para os extratos altitudinais estudados no Maciço do Baturité, Ceará

Considerando o Brejo de Altitude como um todo, observa-se que a variação dos Índices de Diversidade de Shannon e Simpson apresentaram maiores valores após o mês de

fevereiro, iniciando redução a partir do mês de maio (Figura 5). Observa-se também que a fauna apresentou maior equidade (Equidade de Pielou) após o mês de abril.

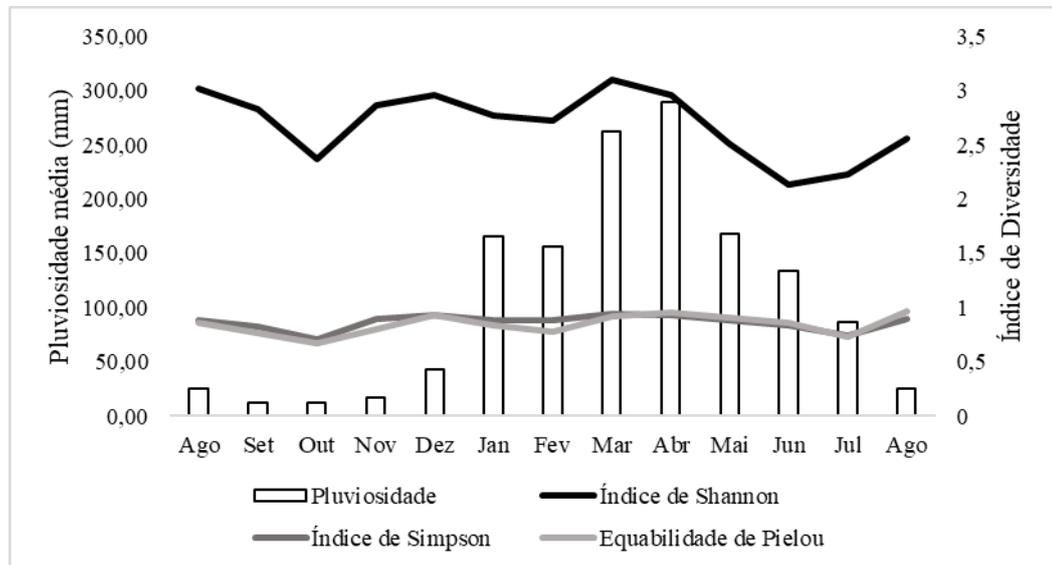


Figura 5: Variação da Diversidade para o período amostral de agosto/2020 a agosto/2021 no Maciço do Baturité.

A macrofauna coletada por meio das armadilhas pitfall trap foi representada por 20 taxons pertencentes à Insecta, Arachnida e Myriapoda, totalizando 13.930 indivíduos coletados (Tabela 5). Observou-se tendência ao aumento da abundância da macrofauna observada em função do aumento da altitude, porém apresentando correlação fraca e não significativa ($r = 0,55027$; $p = 0,33654$).

Tabela 5: Total anual da macrofauna edáfica coletada por meio de armadilhas pitfall ao longo de um gradiente de elevação existente no Maciço do Baturité, Ceará.

Táxon	Altitude					Total
	373	600	700	855	1114	
Anellida	1				1	2
Blattodea	27	16	1	23	189	256
Coleoptera	222	74	791	883	656	2626
Collembola		1			1	2
Dermaptera		1			1	2
Hemiptera	24	49	14	38	2	127
Hymenoptera	1488	2573	1235	83	2842	8221
Isoptera	71	25	4	1	6	107
Isopoda				1	8	9

Táxon	Altitude					Total
	373	600	700	855	1114	
Orthoptera	132	17	66	53	459	727
Phantasmathodea	1				2	3
Thysanura	2					2
Ácari				1		1
Araneae	319	530	110	61	426	1446
Scorpiones	12	45	6	4		67
Opilliones	18	5	113	95	25	256
Pseudoscorpiones	1	2	3			6
Diplopoda	2	9	1	5	33	50
Chilopoda	3	5		3	9	20
Abundância	2376	3359	2357	1253	4671	13930
Riqueza	16	16	13	14	17	

Observa-se também há uma dominância de Hymenoptera: Formicidae, Coleoptera, Orthoptera, Araneae e Opilliones (Tabela 5). Observa-se também para esses táxons citados variação da respectiva abundância em função dos extratos altitudinais. Observa-se que a variação mensal da abundância da macrofauna tende a aumentar em todos os extratos altitudinais em função do aumento da pluviosidade observada para o período compreendido entre os meses de dezembro e início de fevereiro (Figura 6).

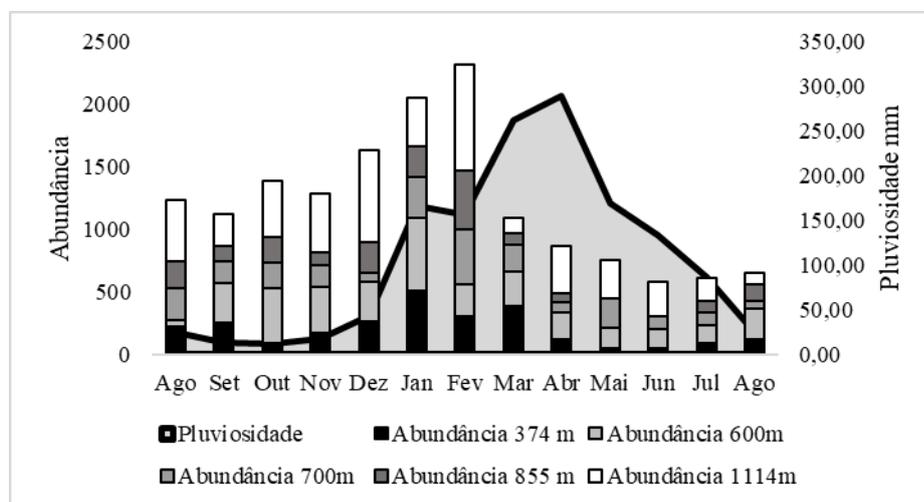


Figura 6: Flutuação populacional da macrofauna edáfica em função dos extratos altitudinais e pluviosidade média para os municípios de Redenção, Pacoti e Guaramiranga durante o período de agosto de 2020 a agosto 2021.

A macrofauna edáfica observada apresentou correlação fraca e não significativa com a variação da pluviosidade ($p > 0,05$). Contudo, ao considerar o efeito da variável altitude na correlação entre a abundância da macrofauna e pluviosidade, observa-se a ocorrência de

significância para os dados ($p < 0,05$). Observou-se que o modelo misto testado para variação da abundância da macrofauna e pluviosidade difere estatisticamente do modelo nulo testado ($p < 0,05$).

Observa-se que a abundância das aranhas exibiu correlação significativa ($p < 0,05$), bem como ajuste significativo dos dados com a variação da abundância da macrofauna (Tabela 6).

Tabela 6: Correlação de Pearson para a variação da abundância de aranhas edáficas e a macrofauna coletada por meio de armadilhas pitfall em um gradiente de elevação existente no Maciço do Baturité, Ceará. Legenda: Valores significativos destacados em cinza.

Abundância Aranhas - Macrofauna					
Altitude	Correlação	R²	P	F	P
374	0.72819	0.53026	0.0047663	1,24E+04	0.0047663
600	0.6619	0.43811	0.013725	85.767	0.013725
700	0.77036	0.59345	0.002061	16.057	0.002061
855	0.27096	0.073421	0.37055	0.87162	0.37055
1114	0.76629	0.58719	0.0022509	15.647	0.0022509

Considerando-se o efeito da variável altitude, observou-se que a correlação da abundância das aranhas e a abundância da macrofauna tem significância estatística ($p < 0,05$).

Por meio da Análise de Correspondência Canônica observa-se que as famílias Barychelidae, Corinnidae, Ctenidae e Theraphosidae tendem a ser mais influenciadas, exibindo maior riqueza de espécies e respectiva abundância pela precipitação, assim como o extrato altitudinal correspondente a 1114m (Figura 7), representado pelo **Ponto 5**. Observa-se também as famílias Sicariidae, Oonopidae, Palpimanidae, Lycosidae, Cyrthaucheniidae e Zodariidae apresentam menor influência da precipitação.

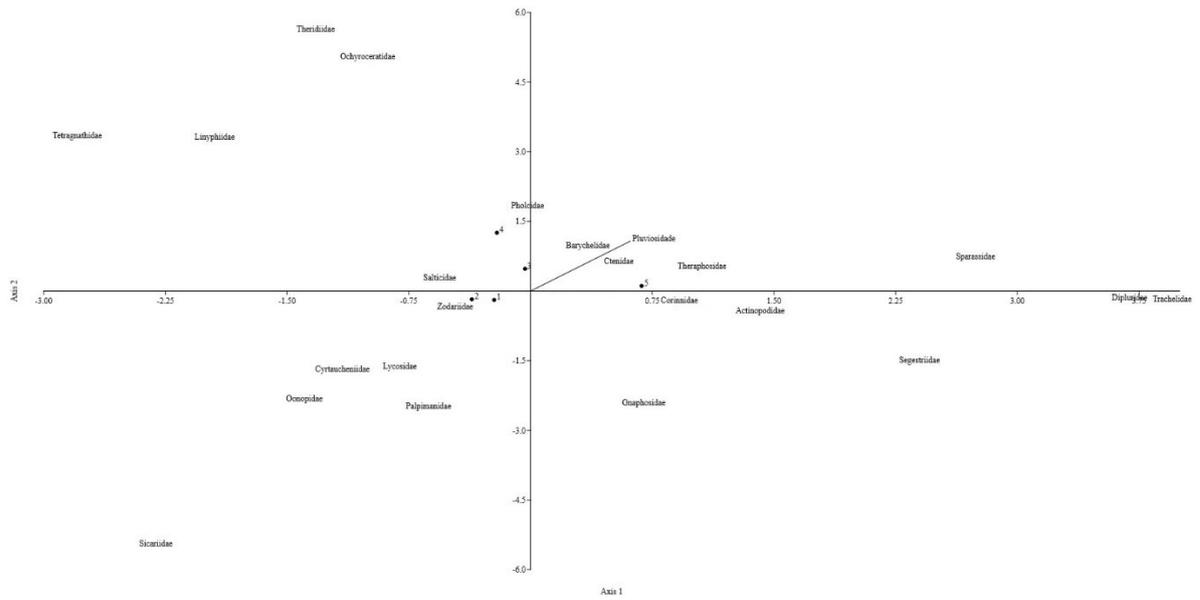


Figura 7: Análise de Correspondência Canônica exibindo resposta das famílias de aranhas edáficas à pluviosidade, coletadas em um gradiente altitudinal existente no Maciço do Baturité.

Discussão

No presente trabalho foram observadas tendências antagônicas para riqueza e abundância de espécies em função da variação período seco – período chuvoso, onde observou-se maior riqueza de espécies no período seco e maior abundância no período chuvoso.

Para áreas de vegetação sub montanas associadas a altitude, a abundância dos artrópodes tende a aumentar posteriormente ao início das chuvas, exibindo atrasos de 90 dias (Nummelin; Nshubemuki, 1998). Por sua vez, no domínio semiárido brasileiro, o início da pluviosidade é marcado pela aumento produção de biomassa vegetal como resposta sincrônica e alguns casos, tardia, fazendo com que os artrópodes aumentem sua atividade e abundância (Vasconcellos *et al.*, 2010). Contudo, essa resposta não é uniforme, variando entre os táxons (Nunes *et al.*, 2011; Carvalho *et al.*, 2015).

Em nosso estudo foi observado que *Ctenus rectipes* e *Tupirinna palmares* foram as únicas espécies que ocorreram em todos os meses do período amostral, apresentando dominância frente as outras espécies da família Ctenidae e Corinnidae, respectivamente. No presente estudo também foi observado que a maior riqueza de espécies de aranhas ocorreu no período com menor índice pluviométrico.

Essa tendência também foi observada na Floresta Nacional do Araripe – CE (Azevedo *et al.*, 2020), cuja mesma também inserida em área de altitude, considerada também um Brejo de Altitude. Os autores citam que o aumento da atividade de insetos em períodos anteriores ao aumento da pluviosidade pode ser uma estratégia evolutiva para reduzir a mortalidade juvenil (Tanner *et al.*, 1991), e que a riqueza de aranhas observada em seu estudo também aumentou sincronicamente com a abundância dos insetos aumentaram.

No presente estudo, não foi observado tendência ao aumento da riqueza de espécies no período chuvoso, a qual pode ser atribuída aos viés amostrais decorrente do uso do pitfall trap, visto que o excesso de chuvas associado a declividade do terreno faz com que muito material coletado seja perdido (Carvalho, 2015; Tourinho; Lo-Man-Hung, 2021).

Os efeitos da altitude na precipitação vertical que ocorrem em montanhas variam em diferentes regiões e escalas geográficas (Wolda, 1987; Buytaert *et al.*, 2006), fazendo com que a flora e a fauna sofram os efeitos do microclima existente, sobretudo no ambiente

edáfico (Barry, 2008). Como a temperatura diminui monotonicamente ao longo gradientes de elevação, o declínio monotônico na abundância de artrópodes com o aumento da elevação pode ser em grande parte definido pela precipitação, a qual não é associada a latitude (Supriya *et al.*, 2019), e pode diminuir não só a atividade de aranhas como de demais artrópodes do ambiente edáfico (Azevedo *et al.*, 2020).

Tal variação da pluviosidade explicaria os padrões de correlações observadas entre a abundância e riqueza de espécies observada, que foram significativas a partir do incremento do efeito da altitude como covariável, bem como da macrofauna e da correlação entre a abundância das aranhas e a macrofauna. Essa correlação entre a variação da macrofauna e abundância das aranhas associada ao efeito da altitude como covariável se torna mais evidente ainda por que altitudes intermediárias apresentam maior abundância de espécies, sobretudo em insetos (Janzen, 1976).

O Brejo de Altitude apresenta pluviosidade constante e mais elevada do que a que se observada na Caatinga *Strictu sensu*, o que permite a ocorrência de espécies vegetais diferentes daquelas existentes Caatinga *Strictu Sensu* (Werneck, 2011), além de uma maior riqueza de espécies vegetais (Araújo *et al.*, 2007; Silveira *et al.*, 2020). Essa maior riqueza de espécies vegetais existente pode viabilizar maior densidade de ramos e galhos, conseqüentemente, maior quantidade de locais que podem ser utilizados com refúgio/abrigo, bem como maior abundância / densidade de aranhas (Souza; Martins, 2005; Jiménez-Valverde; Lobo, 2007).

No ambiente edáfico, para as aranhas, a serapilheira promove maior disponibilidade de presas, sítios para forrageamento, refúgio contra predadores (Bell *et al.*, 2001). A deposição da serapilheira no solo é correlacionada com a pluviosidade, sobretudo em áreas de Caatinga (Andrade *et al.*, 2008), o que não foi observado no Brejo de Altitude, ao longo do período amostral (observação pessoal).

No entanto, no ambiente edáfico, a quantidade / densidade de serapilheira influencia diretamente a abundância de aranhas, principalmente de guildas, como as emboscadoras (Smith *et al.*, 2019), bem como a aranhas errantes, influenciando principalmente a seleção de habitats e co-ocorrência entre presas e predadores, respectivamente, sapos e aranhas da família Ctenidae (Folt; Guyer, 2021).

A família Ctenidae é composta por indivíduos predadores generalistas de invertebrados (Folt; Lapinski, 2017), que compartilham simultaneamente habitats e micro

habitats (Gasnier; Höfer, 2001; Pétilon *et al.*, 2018). Nesse sentido, a serapilheira é dos fatores que gera preferência de microhabitats por indivíduos de Ctenidae, bem como um dos fatores que determina sua abundância (Hazzi *et al.*, 2020).

Para *Tupirinna palmares*, a espécie foi descrita em 2021, e não só *T. palmares*, como as demais espécies descritas (Xavier; Bonaldo, 2021) foram coletadas em sua maioria por pitfall trap, o que sugere que *T. palmares* também seja influenciada pela serapilheira existente, tendo em vista que a família Corinnidae também é considerada uma aranha caçadora no solo (Cardoso *et al.*, 2011).

Assim, os dados obtidos nos permitem sugerir que a pluviosidade existente no Brejo de Altitude em questão exerce efeito diferente na diversidade de aranhas edáficas, isto é, apresentando maior riqueza de espécies, sobretudo em função da camada de serapilheira existente no nível do solo quando comparado com a fauna da Caatinga *Strictu sensu*. Tal camada de serapilheira permite a ocorrência de microhabitats que possibilitam a existência de sítios de forrageamento, bem como, abrigo, refletindo em padrões de ocorrência constantes ao longo da variação anual.

5 CONCLUSÃO GERAL

Por meio do presente trabalho, podemos concluir que os gradientes de elevação promovem padrões de riqueza de espécies em função da sua localidade específica, de modo que o padrão de riqueza de espécies encontrado no Maciço do Baturité difere do padrão relatado na literatura. Observamos também que o gradiente de altitude modifica as variáveis ambientais estudadas e desse modo, atua diretamente nos padrões de riqueza e abundância das espécies de aranhas edáficas coletadas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA-NETO M, MACHADO G, PINTO-DA-ROCHA R, GIARETTA A.A. Harvestman (Arachnida: Opiliones) species distribution along three Neotropical elevational gradients: an alternative rescue effect explain to Rapoport's rule? **Journal of Biogeography**, v.33, p.:361–375, 2006.
- ANDRADE, R.L.; SOUTO, J.S.; SOUTO, P.C.; BEZERRA, D. M. Deposição de serrapilheira em área de Caatinga na RPPN “Fazenda Tamanduá”, Santa Terezinha - PB. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 2, p. 223–230, 2008.
- ANDRADE-LIMA, D. Present-day forest refuges in northeastern Brazil. In: Prance, GT. (Ed.). **Biological Diversification in the Tropics**. New York: Columbia University Press, 1982, p. 245–25.
- ANDRADE-LIMA, D. The caatinga dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 4, p. 149–163, 1981.
- ARANGO, A.M.; RICO-GRAY, V.; PARRA-TABLA, V. Population structure, seasonality, and habitat use by the green lynx spider *Peucetia viridans* (Oxiopidae) inhabiting *Cnidocolus aconitifolius* (Euphorbiaceae). **Journal of Arachnology**, v.28, p:185–194, 2000.
- ARAÚJO, C.S.; CANDIDO, D.M.; ARAÚJO, H.F.; DIAS, S.C.; VASCONCELLOS, A. Seasonal variations in scorpion activities (Arachnida: Scorpiones) in an area of Caatinga vegetation in northeastern Brazil. **Zoologia**, v.27, n.3, p.: 372-376, 2010.
- ARAÚJO, F.S.; GOMES, V.S.; SILVEIRA, A.P.; FIGUEIREDO, M.A.; OLIVEIRA, R.F.; BRUNO, M.M.A.; LIMA-VERDE, L.W.; SILVA, E.F.; OTUTUMI, A.T.; RIBEIRO, K.A. Efeito da variação topoclimática e estrutura da vegetação da serra de Baturité, Ceará. In: OLIVEIRA, T.S.; ARAÚJO, F.S. (Eds). **Diversidade e conservação da biota da Serra de Baturité, Ceará**. Fortaleza: UFC/COELCE, 2007, p. 73-136.
- AZEVEDO, R.; FERREIRA, R.N.C.; AZEVEDO, F.R.; NASCIMENTO, L.S.; SANTOS, J.R.P.; FERREIRA, R.C.A.B.; MESQUITA, F. O. Anticipated or delayed responses to rainfall: Effects of rainfall on arthropods assemblage in an enclave of evergreen forest. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, p. e47291210923, 2020.
- BARRY, R.G. **Mountain Weather and Climate**. New York: Cambridge University Press, 532p, 2008.
- BATES, D.; MÄCHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S. Fitting linear mixed-effects models using lme4. **Journal of Statistical Software**, v. 23, p. 1–51, 2014.
- BECCALONI, J. **Arachnids**. London: Natural History Museum, 320p, 2009.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. **Ecologia de Indivíduos a Ecosistemas**. 4ªed, Artmed, Porto Alegre, 752p, 2007.
- BELL, J.R.; WHEATER, C.P.; CULLEN, W. R. The implications of grassland and heathland management for the conservation of spider communities: a review. **Journal of Zoology**, v. 255, p. 377–387, 2001.

BHATTARAI, K.R.; VETAAS, O.R. Can Rapoport's rule explain tree species richness along the Himalayan elevational gradient, Nepal? **Diversity and Distributions**, v. 12, p. 373–378, 2006.

BLACKBURN, T.M.; GASTON, K.J. Spatial patterns in the species richness of birds in the new world. **Ecography**, v.19, p.: 369-376, 1996.

BOSNIANS, R.; MAELFAIT, J.P.; DE KIMPE, A. Analysis of the spider communities in an altitudinal gradient in the French and Spanish Pyrenees. **Bulletin of the British Arachnological Society**, v.7, p.: 69–76, 1986.

BREHM, G.; COLWELL, R.K.; KLUGE, J. The role of environment and mid-domain effect on moth species along a tropical elevational gradient. **Global Ecology and Biogeography**, v.16, p.: 205–219, 2007.

BROOKS, T.M.; MITTERMEIER, R.A.; FONSECA, G.A.B.; GERLACH, J.; HOFFMANN, M.; LAMOREUX, J.F.; MITTERMEIER, C.G.; PILGRIM, J.D.; RODRIGUES, A.L.S. Global biodiversity conservation priorities. **Science**, v.313, p.: 58–61, 2006.

BROWN, J.H.; LOMOLINO, M.V. 1998. **Biogeography**. 2nd. ed. Massachusetts: Sinauer Associates, INC.

BROWN, J.H. On the relationship between abundance and distribution of species. **American Naturalist**, v.124, p.: 255–279, 1984.

BROWN, J.H.; KODRIC-BROWN, A. Turnover rates in insular biogeography: effect of immigration on extinction. **Ecology**, v.58, p.:445-449, 1977.

BUYTAERT, W.; CELLERI, R.; WILLEMS, P.; DE BIÈVRE, B.; WYSEURE, G. Spatial and temporal rainfall variability in mountainous areas: A case study from the south Ecuadorian Andes. **Journal of Hydrology**, v. 329, p. 413–421, 2006.

CAMPÓN, F.F.; SILNIK, S.S.; FEDELI, L.A. Scorpion diversity of the Central Andes in Argentina. **Journal of Arachnology**, v.42, n.2, p.63-169, 2014.

CARDOSO, P.; PEKÁR, S.; JOCQUÉ, R.; CODDINGTON, J. A. Global Patterns of Guild Composition and Functional Diversity of Spiders. **PLoS One**, v. 6, n. 6, p. 1–10, 2011.

CARNAVAL, A.C.; HICKERSON, M.J.; HADDAD, C.F.B.; RODRIGUES, M.T.M.C. Stability predicts genetic diversity in the Brazilian Atlantic Forest hotspot. **Science**, v.323, n.5915, p.: 785–789, 2009.

CARVALHO, L.S. Aracnídeos: quem são, por que estudá-los e como coletá-los? In: Lima, M.S.C.S.; Carvalho, L.S.; Prezoto, F. (Eds.). **Métodos em Ecologia e Comportamento Animal**. Teresina: EDUFPI, 2005, p. 103–140.

CARVALHO, L.S.; BRESOVIT, A.D.; SANTOS, A.J.; OLIVEIRA, U.; GUADANUCCI, J.P.L. Aranhas da Caatinga, In: BRAVO, F.R.Q.; CALOR, A.(Eds.). **Artrópodes do semiárido: biodiversidade e conservação**, 1ed. Feira de Santana: Printmídia, 2014, p. 15-32.

CARVALHO, L.S.; SEBASTIAN, N.; ARAÚJO, H. F.; DIAS, S. C.; VENTICINQUE, E.; BRESOVIT, A. D.; VASCONCELLOS, A. Climatic variables do not directly predict spider richness and abundance in semiarid Caatinga vegetation, Brazil. **Environmental Entomology**, v.44, n.1, p.:54-63, 2015.

CARVALHO, M.; BRESOVIT, A.D. Aranhas (Araneae, Arachnida) da Reserva Serra das Almas, Ceará,. In: Araújo, F.S.; Rodal, M.J.N.; Barbosa, M.R.V. (Eds.) **Análise das**

Variações da Biodiversidade do Bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005, p.351-368

CASTRO, D.M.; CALLISTO, M.; SOLAR, R.R.; MACEDO, D.R.; FERNANDES, G.W. Beta diversity of aquatic invertebrates increases along an altitudinal gradient in a Neotropical mountain. **Biotropica**, v.51, n.3, 399-411, 2019.

CHAO, A.; JOST, L. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. **Ecology**, v.93, n.12, p.:2533–2547, 2012.

CHATZAKI, M.; LYMBERAKIS, P.; MARKAKIS, G.; MYLONAS, M. The distribution of ground spiders (Araneae, Gnaphosidae) along the altitudinal gradient of Crete, Greece: Species richness, activity and altitudinal range. **Journal of Biogeography**, v.32, p.: 813–831, 2005.

CHOWN, S.L.; GASTON, K.J. Body size variation in insects: a macroecological perspective. **Biological Reviews**, 85: 139–169, 2010.

CODDINGTON, J.A.; AGNARSSON, I.; MILLER, J.A.; KUNTNER, M.; HORMIGA, G. Undersampling bias: the null hypothesis for singleton species in tropical arthropod surveys. **Journal of Animal Ecology**, v. 78, p. 573–584, 2009.

COLWELL, R.K.; LEES, D.C. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. **Trends in Ecology and Evolution**, v.15, p.: 70-76, 2000.

CRAWLEY, M. J. **The R Book**. 2a ed. West Sussex: Wiley, 2013, 1051p.

DE SOUZA, P.R.L.; BENATI, K.R.; PERES, M.C.L. Scorpions (Arachnida, Scorpiones) at elevated altitudes of an area of conservation in the Caatinga. **Ciência e Natureza**, v.42:e29, 2020.

DESOUZA, A.M.; DASILVA, M.B.; CARVALHO, L.S.; OLIVEIRA, U. 2014. Opiliões Laniatores do Semiárido. In: BRAVO, F.R.Q.; CALOR, A.(Eds.). **Artrópodes do semiárido: biodiversidade e conservação**, 1ed. Feira de Santana: Printmídia, 2014, p. 47-56.

DIEHL, E.; MADER, V.L.; WOLTERS, V.; BIRKHOFFER, K. Management intensity and vegetation complexity affect web-building spiders and their prey. **Oecology**, v.173, p.: 579-589, 2013.

DIOGO, I.J.S.; MARTINS, F.R.; VEROLA, C.F.; COSTA, I.R. Variation in plant-animal interactions along an elevational gradient of moist forest in a semiarid area of Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v.30, p.:27–34, 2016.

DIOGO, I.J.S.; SANTOS, K.; COSTA, I.R.; SANTOS, F.M. Effects of topography and climate on Neotropical mountain forests structure in the semiarid region. **Applied Vegetation Science**, v.24:e12527, 2019.

DUPÉRRÉ, N. Araneae (spiders) of South America: a synopsis of current knowledge. **New Zealand Journal of Zoology**, v.50, n.1, p. 1-117, 2022.

FERRAZ, E.M.N.; RODAL, N.; SAMPAIO, E.V.S.B. Physiognomy and structure of vegetation along an altitudinal gradient in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Phytocoenologia**, v.33, p. 71-92, 2003.

FICK, S.E.; HIJMANS, R. J. Worldclim 2: **New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas**. Disponível em: <<http://www.worldclim.com/version2>>. Acesso em: 5 jan. 2021.

- FOELIX, R.F. **Biology of Spiders**. 2a ed. New York: Oxford University Press, 1996.
- FOLT, B.; GUYER, C. Habitat-dependent effects of predatory spiders on prey frogs in a Neotropical wet forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.37, n.5, p.214-221, 2021.
- FORTES, R.R.; ABSALÃO, R.S. The applicability of Rapoport's rule to the marine molluscs of the Americas. **Journal of Biogeography**, v.31, p.:1909–1916, 2004.
- FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA - FUNCEME. **Dados pluviométricos históricos**. Disponível em: < http://www.funceme.br/?page_id=2694>. Acesso em 22 out.2022.
- GASNIER, T.R.; HÖFER, H. Patterns of abundance of four species of wandering spiders (Ctenidae: *Ctenus*) in a forest in Central. **Journal of Arachnology**, v. 29, p. 95–103, 2001.
- GONZÁLEZ-REYES, A.X.; CORRONCA, J.A.; RODRIGUEZ-ARTIGAS, S.M. Changes of arthropod diversity across an altitudinal ecoregional zonation in Northwestern Argentina. **PeerJ**, 5: e4117, 2017.
- GOTELLI, N. J.; ELLISON, A.M. **Princípios de Estatística em Ecologia**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2011, 510p.
- GRAHAM, G.L. Bats versus birds: comparisons among Peruvian volant vertebrate faunas along an elevational gradient. **Journal of Biogeography**, v.17, p.:657-668, 1990.
- GRAU, O.; GRYTNES, J.A.; BIRKS, H.J.B. A comparison of altitudinal species richness patterns of bryophytes with other plant groups in Nepal, Central Himalaya. **Journal of Biogeography**, v. 34, p. 1907–1915, 2007.
- GRYTNES, J.A.; VETAAS, O.R. Species richness and altitude: a comparison between null models and interpolated plant species richness along the Himalayan altitudinal gradient, Nepal. **American Naturalist**, v.159, n.3, p.:294-304, 2002.
- GUERRA, N.M.; HERNANDEZ, N.J.M.; GARCÍA, A.F. 2021. Diversidad taxonómica de Opiliones en la vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Magdalena, Colombia. **Boletín Científico, Centro de Museos, Museo de Historia Natural**, v.25, n.2, p.:2462-8190, 2021.
- GUNNARSSON, B. Predation on spiders: ecological mechanisms and evolutionary consequences. **Journal of Arachnology**, v.35, p.: 509–529, 2007.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 1–9, 2001.
- HARTIG, F. **DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models.**, 2022.
- HASLLET, J.R. Insect communities and the spatial complexity of mountain habitats. **Global Ecology Biogeography Letters**, v.6, p.:49-56, 1997.
- HATLEY, C.; MACMAHON, J. Spider community organization: seasonal variation and the role of vegetation architecture. **Environmental Entomology**, v.9, p:632–639, 1980.
- HAZZI, N.A.; PETROSKY, A.; KARANDIKAR, H.; HENDERSON, D.; JIMÉNEZ-CONEJO, N. Effect of forest succession and microenvironmental variables on the abundance of two wandering spider species (Araneae: Ctenidae) in a montane tropical forest. **Journal of Arachnology**, v. 48, n. 2, p. 140–145, 2020.

- HERNÁNDEZ, M.I.M. Besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da caatinga paraibana, Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, v.11, n.3, p.: 356-364, 2007.
- HERZOG, S.K.; HAMEL-LEIGUE, A.C.; LARSEN, T.H.; MANN, D.J.; SORIA-AUZA, R.W.; GILL, B.D.; EDMONDS, W.D.; SPECTOR, S. Elevational distribution and conservation biogeography of Phanaeine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in Bolivia. **PLoS One**, e64963, 2013.
- HODKINSON, I.D. Terrestrial insects along elevation gradients: Species and community responses to altitude. **Biological Reviews**, v.80, p.:489 – 513, 2005.
- HSIEH, T.C.; MAK, H.; CHAO, A. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). **Methods Ecology and Evolution**, v. 7, p. 1451–1456, 2016.
- HUNTER, M.L.; YONZON, P. Altitudinal distribution of birds, mammals, people, forests, and parks in Nepal. **Conservation Biology**, v.7, p.: 420-423, 1993.
- JANZEN, D.H. Why montain passes are higher in the tropics. **American Naturalist**, v.113, p.:81-101, 1967.
- JANZEN, D.H. Why are there so many species of insects? **Proceedings XV Congress of Entomology**, Washington, p. 84–94, 1976.
- JANZEN, D.H. Sweep samples of tropical foliage insects: effects of season, vegetation types, elevation, time of day, and insularity. **Ecology**, v.54, p.:687-708, 1973.
- JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, V.S.; VILLEGAS-GUZMÁN, G.A.; CASASOLA-GONZÁLEZ, J.A.; VARGAS-MENDOZA, C.F. Altitudinal distribution of alpha, beta, and gamma diversity of pseudoscorpions (Arachnida) in Oaxaca, Mexico. **Acta Oecologica**, v.103:e103525, 2020.
- JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; LOBO, J.M. Determinants of local spider (Araneidae and Thomisidae) species richness on a regional scale: climate and altitude vs. habitat structure. **Ecological Entomology**, v. 32, n. 113–122, 2007.
- KERR, J.T.; PACKER, L. Habitat heterogeneity as a determinant of mammal species richness in high-energy regions. **Nature**, v385, n.6613, p.:252, 1997.
- LANGLANDS, P.R.; BRENNAN, K.E.C.; PEARSON, D.J. Spiders, spinifex, rainfall and fire: Long-term changes in an arid spider assemblage. **Journal of Arid Environments**, v.67, p.: 36–59, 2006.
- LAWTON, J.H.; MAC GARVIN, M.; HEADS, P.A. Effects of altitude on the abundance and species richness of insect herbivores on bracken. **Journal of Animal Ecology**, v.56, p.:147-160, 1987.
- LEAL, I.R.; SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; LACHER, T. E. Changing the course of biodiversity conservation in the Caatinga of Northeastern Brazil. **Conservation Biology**, v. 19, p. 701–7016, 2005.
- LEGENDRE, P. Spatial autocorrelation: trouble or new Paradigm? **Ecology**, v.74, n.6, p.:1659-1673, 1993.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. 2a ed. Amsterdã: Elsevier, 2012.

- LEITE, Y.L.R.; COSTA, L.P.; LOSS, A.C.; ROCHA, R.G.; BATALHA-FILHO, H.; BASTOS, A.C.; QUARESMA, V.C.; FAGUNDES, V.; PARESQUE, R.; PASSAMANI, R.; PARDINI, R. Neotropical forest expansion during the last glacial period challenges refuge hypothesis. **PNAS**, v.113, n.4, p.:1008–1013, 2016.
- LEWINSOHN, T.M.; PRADO, P.I. **Biodiversidade Brasileira: Síntese do estado atual do conhecimento**. São Paulo: Contexto, 2008, 176p.
- LIEW, T.S.; SCHILTHUIZEN, M.; BIN LAKI, M. The determinants of land snail diversity along a tropical elevational gradient: insularity, geometry and niches. **Journal of Biogeography**, v.37, p.:1071–1078, 2010.
- LIPPOK, D.; BECK, S.G.; RENISON, D.; HENSEN, I.; APAZA, A.E.; SCHLEUNING M. Topography and edge effects are more important than elevation as drivers of vegetation patterns in a neotropical montane forest. **Journal of Vegetation Science**, v.25, p.:724–733, 2014.
- LIRA, A.F.A.; DESOUSA, A.M.; ALBUQUERQUE, C.M.R. Environmental variation and seasonal changes as determinants of the spatial distribution of scorpions (Arachnida: Scorpiones) in Neotropical forests. **Canadian Journal of Zoology**, v.96, n.9, p: 963-972, 2018.
- LIRA, A.F.A.; FOERSTER, S.I.A.; SALOMÃO, R.P.; PORTO, T.J.; ALBUQUERQUE, C.M.R. & MOURA, G.J.B. Understanding the effects of human disturbance on scorpion diversity in Brazilian tropical forests. **Journal of Insect Conservation**, v.25, n.1, p.:147-158, 2021.
- LO-MAN-HUNG, N.F.; MARICHAL, R.; CANDIANI, D.F.; CARVALHO, L.S.; INDICATTI, R.P.; BONALDO, AB.; COBO, D.H.R; FEIJOO, M.A; TSELOUIKO, S.; PRAXEDES, C.; BROWN, G.; VELASQUEZ, E.; DECAËNS, T.; OSZWALD, J.; MARTINS, M.; LAVELLE, P. Impact of different land management on soil spiders (Arachnida: Araneae) in two Amazonian areas of Brazil and Colombia. *Journal of Arachnology*, v.39, n.2, p. 296-302, 2011.
- LOMOLINO, M.V. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. **Global Ecology Biogeography**, v.10, p.:3-13, 2001.
- LOPES, S.F.; RAMOS, M.B.; ALMEIDA, G.R. The role of mountains as refugia for biodiversity in Brazilian Caatinga: Conservationist Implications. **Tropical Conservation Science**, v.10, p.:1–12, 2017.
- MAC ARTHUR, R.H. 1972. **Geographical Ecology**. Harper and Rowe Publishers, New York, NY., 269p.
- MAC ARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. **The theory of Island Biogeography**. Princeton University Press, 1967, 224p.
- MAGURRAN, A.E. **Measuring Biological Diversity**. Malden, Massachusetst: Blackwell Publishing, 2004, 272p.
- MALUMBRES-OLARTE, J.; SCHARFF, N.; PAPE, T.; CODDINGTON, J.A; CARDOSO, P. Gauging megadiversity with optimized and standardized sampling protocols: a case for tropical forest spiders. **Ecology and Evolution**, v.7, p.: 494–506, 2016.
- MALUMBRES-OLARTE, J.; CRESPO, L.; CARDOSO, P.; SZÜTS, T.; FANNES, W.; PAPE, T.; SCHARFF, N. The same but different: equally megadiverse but taxonomically

- variant spider communities along an elevational gradient. **Acta Oecologica**, v.88, p.19-28, 2018.
- MCCAIN, C.M. The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica. **Journal of Biogeography**, v.31, p.:19–31, 2004.
- MCCAIN, C.M. Area and mammalian elevational diversity. **Ecology**, v.88, p.:76–86, 2007a.
- MCCAIN, C.M. Could temperature and water availability drive elevational species richness patterns? A global case study for bats. **Global Ecology and Biogeography**, v.16, p.:1–13, 2007b.
- MCCAIN, C.M. Vertebrate range sizes indicates that mountains may be “higher” in the tropics. **Ecology Letters**, v.12, p.:550–560, 2009a.
- MCCAIN, C.M. Global analysis of bird elevational diversity. **Global Ecology and Biogeography**, v.18, p.:346–360, 2009b.
- MCCAIN, C.M.; GRYTNES, J.A. **Elevational Gradients in Species Richness**. In: Encyclopedia of Life Sciences (ELS). Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2010.
- MCCOY, E.D. The distribution of insects along elevational gradients. **Oikos**, v.58, p.: 313-322, 1990.
- MINEO, M.F.; DEL-CLARO, K.; BRESOVIT, A.D.. Seasonal variation of ground spiders in a Brazilian Savanna. **Zoologia**, v.27, p.:353–362, 2010.
- MORRONE, J.J. Cladistic biogeography of the Neotropical region: Identifying the main events in the diversification of the terrestrial biota. **Cladistics**, v.30, p.:202–214, 2014.
- MORRONE, J.J. Biogeographic regionalisation of the world: A reappraisal. **Australian Systematic Botany**, v.28, p.:81–90, 2015.
- MORRONE, J.J. **Neotropical Biogeography: Regionalization and Evolution**. Florida, CRC Press, 2017, 313 pp.
- MOURA, F.M.S.; VASCONCELLOS, A.; ARAÚJO, V.F.P.; BANDEIRA, A.G. Seasonality in foraging behaviour of *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Nasutitermitinae) in the Caatinga of northeastern Brazil. **Insectes Sociaux**, v.53, n.4, p.: 472-479, 2006a.
- MOURA, F.M.S.; VASCONCELLOS, A.; ARAÚJO, V.F.P.; BANDEIRA, A.G. 2006b. Feeding habit of *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera, Termitidae) in an area of caatinga, Northeast Brazil. **Sociobiology**, v.48, p.: 21-26, 2006b.
- NOGUEIRA, A.A.; BARBOSA, J.P.P.P.; BRESOVIT, A.D. The spider genus *Chrysometa* (Araneae, Tetragnathidae) from the Pico da Neblina and Serra do Tapirapecó mountains (Amazonas, Brazil): new species, new records, diversity and distribution along two altitudinal gradients. **Zootaxa**, v.2772, p.:33-51, 2011..
- NOGUEIRA, A.A.; VENTICINQUE, E.; BRESOVIT, A.D.; LO-MAN-HUNG, N.; CANDIANI, D.F. List of species of spiders (Arachnida, Araneae) from the Pico da Neblina, state of Amazonas, Brazil. **Check List**, v.10, p.:1044-1060, 2014.
- NOGUEIRA, A.A.; BRESOVIT, A.D.; PERBICHE-NEVES, G.; VENTICINQUE, E. Spider (Arachnida-Araneae) diversity in an amazonian altitudinal gradient: are the patterns congruent with Mid-domain and Rapoport effect predictions? **Biota Neotropica**, 21: e20211210, 2021a.

- NOGUEIRA, A.A.; BRESCOVIT, A.D.; PERBICHE-NEVES, G.; VENTICINQUE, E. Beta Diversity along an Elevational Gradient at the Pico da Neblina (Brazil): Is Spider (Arachnida-Araneae) community composition congruent with the Guayana Region Elevational Zonation? **Diversity**, v.13, p.:1–17, 2021b.
- NUMMELIN, M.; NSHUBEMUKI, L. Seasonality and Structure of the Arthropod Community in a Forested Valley in the Uluguru Mountains, Eastern Tanzania. **Journal of East African Natural History**, v. 87, n. 1, p. 205–212, 1998.
- NUNES, F.A.; MARTINS SEGUNDO, G.B.; VASCONCELOS, Y.B.; AZEVEDO, R.; QUINET, Y. Ground-foraging ants (Hymenoptera: Formicidae) and rainfall effect on pitfall trapping in a deciduous thorn woodland (Caatinga), Northeastern Brazil. **Revista de Biología Tropical**, v. 59, n. 4, p. 1637–1650, 2011.
- OLIVEIRA, U.; PAGLIA, A.P.; BRESCOVIT, A.D.; CARVALHO, C.J.; SILVA, D.P.; REZENDE, D.T.; LEITE, F.S.F.; BATISTA, J.A.N.; BARBOSA, J.P.P.P.; STETMANN, J.R.; ASCHER, J.S.; VASCONCELOS, M.F.; MARCO JR., P.; LOWENBERG-NETO, P.; DIAS, P.G.; FERRO, V.G.; SANTOS, A.J. The strong influence of collection bias on biodiversity knowledge shortfalls of Brazilian terrestrial biodiversity. **Diversity and Distribution**, v.22, n.12, p.:1232-1244, 2016.
- OLIVERO, P.A.; OVIEDO-DIEGO, M.A.; VRECH, D.E.; MATTONI, C.I.; PERETTI, A.V. Sensitivity of genital and somatic traits of scorpions to developmental instability caused by increasing urbanization: A 20-year experiment. **Ecological Indicators**, v.122:107272, 2021.
- OLSON, D.M. The distribution of leaf litter invertebrates along a Neotropical altitudinal gradient. **Journal of Tropical Ecology**, v.10, n.2, p:129-150, 1994.
- OTTO, C.; SVENSSON, B.S. Structure of communities of ground-living spiders along altitudinal gradients. **Holarctic Ecology**, v.5, p.:35-47, 1982.
- OWEN, J.G. Patterns of mammalian species richness in relation to temperature, productivity, and variance in elevation. **Journal of Mammalogy**, v.71, p.: 1-13, 1990.
- OXBROUGH, A.G.; RAMSAY, P.M. Páramo spiders of Volcán Chiles, Ecuador. In: Ramsay, P.M. (Eds.). **The Ecology of Volcán Chiles: high-altitude ecosystems on the Ecuador-Colombia border**. Plymouth: Pebble & Shell, 2001, p.159-168.
- PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; MCMAHON, T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633–1644, 2007.
- PERAFRÁN, C.; FERRETI, N.; HENDRIXSON, B.E. Biogeography of New World Tarantulas. In: F. PÉREZ-MILES (Ed). **New World Tarantulas: Taxonomy, Biogeography and Evolutionary Biology of Theraphosidae**. Cham, Switzerland, Springer Nature, 2020, p.153-190.
- PÉTILLON, J.; LEROY, B.; DJOUDI, E.A.; VEDEL, V. Small and large spatial scale coexistence of ctenid spiders in a neotropical forest (French Guiana). **Tropical Zoology**, v. 31, p. 85–98, 2018.
- PORTO, T.J.; CARVALHO, L.S.; SOUZA, C.D.; OLIVEIRA, U. & BRESCOVIT, A. D. Escorpiões da Caatinga: conhecimento atual e desafios, In: BRAVO, F.R.Q; Calor, A. (Eds.). **Artrópodes do Semiárido: Biodiversidade e Conservação**, 1ªed. Feira de Santana: Printmídia, 2014, p. 33-47.

PRADO, D.E. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (Eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003, p. 3–73.

PRIVET, K.; VEDEL, V.; FORTUNEL, C.; ORIVEL, J.; MARTINEZ, Q.; CERDAN, A.; BARALOTO, C.; PÉTILLON, J. Relative efficiency of pitfall trapping vs. nocturnal hand collecting in assessing soil-dwelling spider diversity along a structural gradient of Neotropical habitats. **Diversity**, v. 12, n. 81, p. 1–11, 2020.

QUEIROZ, L.P.; CARDOSO, D.; FERNANDES, M.F.; MORO, M. F. Diversity and Evolution of Flowering Plants of the Caatinga Domain. In: SILVA, J.M.C.; LEAL, I.R.; TABARELLI, M. (Ed.). **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2017. p. 22–63.

R CORE TEAM. R Core Team: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Viena, 2020. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>

RAHBK, C. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? **Ecography**, v.18, p.: 200–205, 1995.

RAHBK, C. The role of spatial scale and perception of large-scale species richness patterns. **Ecology Letters**, v.8, p.:224-239, 2005.

RETA-HEREDIA, I.; JURADO, E.; PANDO-MORENO, M.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, H.; MORA-OLIVO, A.; ESTRADA-CASTILLÓN, E. Diversity of spiders in forest ecosystems as elevation and disturbance indicators. **Revista Mexicana de Ciencias Forestales**, v.9, n.50, p.:257-273, 2018.

ROMERO, G.Q.; Vasconellos-Neto, J. Natural history of *Misumenops argenteus* (Thomisidae): seasonality and diet on *Trichogoniopsis adenantha* (Asteraceae). **The Journal of Arachnology**, v.31, p.:297–304, 2003.

RYPSTRA, A.L. Web spiders in temperate and tropical forests: relative abundance and environmental correlates. **American Midland Naturalist**, v.115, p.:42-51, 1986.

SANTOS, A.J.; BRESOVIT, A.D.; OLIVEIRA-TOMASI, M.; RUSSO, P.; OLIVEIRA, U. Curves, maps and hotspots: the diversity and distribution of araneomorph spiders in the neotropics, In: Carmen, C; Gonzaga, M.O. (Eds). **Behaviour and Ecology of Spiders**. Cham. Switzerland: Springer, 2017, p.1-28.

SANTOS, B.A.; BARBOSA, D.C.A.; TABARELLI, M. Directional changes in plant assemblages along an altitudinal gradient in northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.67, p.: 777-779, 2007.

SCHOENER, T.W. Resource partitioning in ecological communities. **Science**, v.185, n.4145, p.: 27-39, 1974.

SCOTT, A.G.; OXFORD, G.S.; SELDEN, P.A. Epigeic spiders as ecological indicators of conservation value for peat bogs. **Biological Conservation**, v.127, n.4, p.:420-428, 2006.

SILVA, F.R.; GONÇALVES-SOUZA, T.; PATERNO, G.B.; PROVETE, D.B.; VANCINE, M.H. **Análises Ecológicas no R**. Recife: Nuppea: Canal 6 editora, 2022, 641Pp.

SILVA, J.M.C.; BARBOSA, L.C.F.; LEAL, I.R.; TABARELLI, M. The Caatinga: Understand the challenges. In: SILVA, J.M.C.; LEAL, I.R.; TABARELLI, M. (Ed.).

- Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America.** Cham, Switzerland: Springer Nature, 2017. p. 3–22.
- SILVERA, P.A.; LOIOLA, M.I.B.; GOMES, V.S.; LIMA-VERDE, L.W.; OLIVEIRA, T.S.; SILVA, E.F.; OTUTUMI, A.T.; RIBEIRO, K.A.; XAVIER, F.A.Z.; BRUNO, M.M.A.; SOUZA S.S.G. & ARAÚJO, F.S. Flora of Baturité, Ceará: a Wet Island in the Brazilian Semiarid. **Floresta e Ambiente**, v.27, n.4, p.:1-22, 2020.
- SIQUEIRA, C.C.; ROCHA, C.F.D. Gradientes altitudinais: conceitos e implicações sobre a biologia, a distribuição e a conservação dos anfíbios anuros. **Oecologia Australis**, v.17, n.2, p.: 282-302, 2013.
- SMITH, V.R.; STEENKAMP, M.; GREMMEN, N.J. Terrestrial habitats on sub-Antarctic Marion Island: their vegetation, edaphic attributes, distribution and response to climate change. **South African Journal of Botany**, v. 67, p. 641–650, 2001.
- SOUZA, A.L.T.; MARTINS, R. P. Foliage Density of Branches and Distribution of Plant-Dwelling Spiders. **Biotropica: The Journal of Biology and Conservation**, v. 37, n. 3, p. 416–420, 2005.
- SOUZA, H.S.; MESSAS, Y.F.; GONZAGA, M.O.; VASCONCELLOS-NETO, J.. Substrate selection and spatial segregation by two congeneric species of *Eustala* (Araneae: Araneidae) in southeastern Brazil. **Journal of Arachnology**, v.43, p.:59–66, 2015.
- SRIVASTAVA, D.S.; LAWTON, J.H. Why more productive sites have more species: an experimental test of theory using tree-hole communities. **American Naturalist**, v.152, n.4, p.:510-529, 1998.
- SRIVASTAVA, D.S.; TRZCINSKI, M.K.; RICHARDSON, B.A.; GILBERT, B. Why are predators more sensitive to habitat size than their prey? Insights from Bromeliad Insect Food Webs. **American Naturalist**, v.172, n.6, p.:761–771, 2008.
- STEVENS, G.C. The latitudinal gradient in geographical range: how so many species coexist in the tropics. **The American Naturalist**, v.133, p.:240–256, 1989.
- STEVENS, G.C. The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport's latitudinal rule to altitude. **American Naturalist**, v.140, p.:893–911, 1992.
- SUPRIYA, K.; MOREAU, C.S.; SAM, K.; PRICE, T.D. Analysis of tropical and temperate elevational gradients in arthropod abundance. **Frontiers of Biogeography**, v. 11, n. 2, p. 1–11, 2019.
- TANNER, E.V.J.; KAPOS, V.; HEALEY, J.R. Hurricane Effects on Forest Ecosystems in the Caribbean. **Biotropica**, v. 23, n. 4, p. 513–521, 1991.
- TAUBER, M.J.; TAUBER, C.A.; MASAKI, S. **Seasonal adaptations of insects**. Oxford University Press on Demand, 1986, 426p.
- TENOW, O. Topoclimatic limitations to the outbreaks of *Epirrita* (= *Oporinia*) *autumnata* (Bkh.) (Lepidoptera: Geometridae) near the forest limit of the mountain birch in Fenoscandia. **Nordicana**, v.47, p.:159-164, 1973.
- TERBORGH, J. Bird species diversity on Andean elevation gradient. **Ecology**, v.58, p:1007-1019, 1977.
- TOURINHO, A.L.M. & LO-MAN-HUNG, N. Standardized sampling methods and protocols for harvestman and spider assemblages. In: SANTOS, J.C.; FERNANDES, G.W. (Eds.).

Measuring arthropod biodiversity: a handbook of sampling methods. Spring Nature: Cham, Switzerland, 2021, p.365-402.

TRIPLEHORN, C.A.; JOHNSON, N.F.; BORROR, D.J. **Borrór and De Long's Introduction to the Study of Insects.** Belmont, Brooks/Cole Publishing Company, 2005, 864p.

UETZ, G.W. Temporal and spatial variation in species diversity of wandering spiders (Araneae) in deciduous forest litter. **Environmental Entomology**, v.4, n.5, p:719–724, 1975.

UETZ, G.W. 1991. Habitat structure and spider foraging. In: BELL, S.S.; MC COY, E.D. MCCOY; MUSHINSKY, H.R. (Eds.). **Habitat Structure: the physical arrangement of the objects in space.** Dordrecht: Springer Netherlands, 1991, p.325-348.

VALENCIA-CUEVAS, L.; RODRÍGUEZ-DOMÍNGUEZ, A.; MUSSALI-GALANTE, P.; RAMOS-QUINTANA, F.; TOVAR-SÁNCHEZ, E. Influence of edaphic factors along an altitudinal gradient on a litter arthropod community in an Abies-Quercus forest in Mexico. **Acta Oecologica**, v. 108, p.:103-109, 2020.

VASCONCELLOS, A.; ANDREAZZE, R.; ALMEIDA, A.M.; ARAÚJO, H.F.P.; OLIVEIRA, E.S.; OLIVEIRA, U. Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, p. 471–476, 2010.

VASCONCELLOS, A.; ARAÚJO, V.F.; MOURA, F.; BANDEIRA, A. G. Biomass and population structure of *Constrictotermes cyphergaster* (Silvestri) (Isoptera: Termitidae) in the dry forest of Caatinga, Northeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 5, p. 693-698, 2007.

VELLEND, M. Conceptual synthesis in community ecology. **Quaternary Review of Biology**, v.85, n.2, p.:183-206, 2010.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da Vegetação Brasileira adaptada à um sistema universal.** Rio de Janeiro: IBGE, Departamentos de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1992.

VILLANUEVA-BONILLA, G.A.; GARCÍA, G.A.; BRESCOVIT, A.D.; VASCONCELLOS-NETO, J. Abundance and richness of orb-web spiders (Arachnida: Araneae) in a secondary high-Andean forest of Colombia. **Revista Ibérica de Aracnologia**, v.30, p.:53–60, 2017.

WERNECK, F.P. The diversification of eastern South American open vegetation biomes: Historical biogeography and perspectives. **Quaternary Science Reviews**, v. 30, p. 1630-1648, 2011.

WHITTAKER, R.H. Gradient analysis of vegetation. **Biological Reviews**, v.42, p.: 207–264, 1967.

WICKHAM, H. **Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis.** New York: Springer-Verlag, 2016, 268p.

WISE, D.H. 1993. **Spiders in Ecological Webs.** New York, Cambridge University Press, 328p.

WOLDA, H. Altitude, habitat and tropical insect diversity. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 30, n. 4, p. 313–323, 1987.

WOLDA, H. Insect Seasonality: Why? **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.19, p.:1-18, 1988.

WSCA. **World Spider Catalog Version 23.5**. Bern, Natura. Disponível em: <<http://wsc.nmbe.ch>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

XAVIER, C.; BONALDO, A.B. Taxonomic revision of the genus *Tupirinna* Bonaldo, 2000 (Araneae: Corinnidae: Corinninae). **Zootaxa**, v. 5004, n. 2, p. 201–250, 2021.

ZANELLA, F.C.V. Evolução da biota da diagonal de formações abertas secas da América do Sul. In: CARVALHO, C.J.B.; ALMEIDA, E. A. B. (Ed.). **Biogeografia da América do Sul: padrões & processos**. São Paulo: Roca, 2011. p. 222–244.

ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. 3^a ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996.