

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**O que determina o investimento em teias da aranha *Cryptachaea migrans*:
condição nutricional ou personalidade?**

Gleydson Emílio Silva
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

GLEYDSON EMÍLIO SILVA

**O que determina o investimento em teias da aranha *Cryptachaea migrans*:
condição nutricional ou personalidade?**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Thiago Gechel Kloss

Coorientador: Paulo E. Cardoso Peixoto

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S586q
2025

Silva, Gleydson Emílio, 1997-

O que determina o investimento em teias da aranha
Cryptachaea migrans: condição nutricional ou personalidade? /
Gleydson Emílio Silva. – Viçosa, MG, 2025.

1 dissertação eletrônica (27 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Thiago Gechel Kloss.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Biologia Geral, 2025.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.521>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Aranhas. 2. Aranhas - Nutrição. 3. Personalidade.
4. Forragem. 5. Teia. I. Kloss, Thiago Gechel, 1987-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Biologia
Geral. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. III. Título.

CDD 22. ed. 595.44

GLEYDSON EMÍLIO SILVA

**O que determina o investimento em teias da aranha *Cryptachaea migrans*:
condição nutricional ou personalidade?**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 17 de junho de 2025.

Assentimento:

Gleydson Emílio Silva
Autor

Thiago Gechel Kloss
Orientadora

Essa dissertação foi assinada digitalmente pelo autor em 14/08/2025 às 21:42:29 e pela orientadora em 15/08/2025 às 20:05:06. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **NUA8.3TIA.PCAJ** e clique no botão 'Validar documento'.

Ao meu povo.

AGRADECIMENTOS

À espiritualidade, a guia dos meus caminhos.

À tudo que veio antes de nós e que permanece, ao mundo preenchido por suas vidas que me inspira, à natureza a qual sua beleza e mistérios me cativa.

À minha herança espiritual, que vem da minha linhagem, do meu povo, a quem com orgulho eu me identifico e honro onde quer que eu esteja. Sou grato a vocês, meus antigos que já passaram pelo àiyé, pois estou a seguir os caminhos que vocês me abençoaram.

À minha mãe Rosângela, meu pai Edeir e meu irmão Gleyson e toda a minha família que além de apoio, torcida e orações, me abençoaram com colo, afeto, carinho, dengo e amor, os combustíveis para minha jornada. À vocês eu dedico esse trabalho. À vocês eu dedico os meus sonhos. São vocês, as pontes, por onde eu me conecto comigo mesmo, com minha ancestralidade e com o mundo. Tudo que eu alcanço, é graças a vocês. Sem meu quilombo, além de nada disso ser possível, também não faria sentido.

Aos meus amigos, que através de trocas sinceras e verdadeiras fui honrado de compartilhar a vida todos esses anos, que me abraçaram com um oceano de amor e me apoiaram intensamente ao longo dessa jornada.

Ao meu querido orientador Thiago Kloss, por toda paciência e sensibilidade e por transformar essa experiência em algo leve. Agradeço por confiar em meu esforço e me ensinar tanto.

Ao meu coorientador Paulo Enrique, pelo suporte, apoio crucial, paciência nos longos emails e todo ensinamento em tantas reuniões e revisões.

À minha grande companheira de campo Camila de Fátima Ribeiro, pelo apoio em todos os momentos, por estar tão presente, pelo empenho e trabalho com altíssimo astral e alegria. Você é uma grande cientista e me orgulho muito de você.

À equipe mais amigável e amorosa que eu poderia ter encontrado, meus queridos amigos e amigas do LABECOM. Vocês foram essenciais em todas as etapas e nos altos e baixos desse caminho, vocês estavam ali comigo.

À minha grande amiga Karla Yotoko, que além de professora, foi minha maior conselheira e verdadeira guerreira que enfrentou grandes lutas ao meu lado, sempre de mãos dadas comigo. Você me inspirou e antes mesmo de eu sonhar com esse momento, você já sorria minhas realizações. Seu olhar sempre brilhou e por meio deles compreendi que eu seria capaz de chegar onde eu quisesse. Entre lágrimas e sorrisos, eu consegui mais uma vez. Obrigado por estar aqui.

À minha amiga, colega de turma e irmã de república, Letícia Sena. Nunca vou me esquecer de como você me recebeu em casa, eufórica com a notícia de minha aprovação no mestrado, quando nem eu mesmo sabia. Esse sonho não seria possível sem sua ajuda e apoio lá atrás. Hoje eu colho os frutos de uma árvore que você cultivou e regou ao meu lado, obrigado por isso.

Ao Laboratório de Bioinformática e Evolução, especialmente Letícia Sena, Marina Magalhães, Luiza Dias e Karla Yotoko, por todo incentivo nos estudos que sucederam no meu ingresso nessa jornada, pelo olhar sensível e apoio incansável e perdurante de vocês que ainda me paira.

Ao pós-doc do PPG-Ecologia, Renato C. Macedo-Rego, pelas sugestões e tantas conversas sobre o projeto. Ao meu colega de laboratório Ítalo pela grande ajuda com as análises e zelo com meu trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa, pelo apoio institucional e à Pós-graduação em Ecologia, pela oportunidade de realizar o mestrado.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

*Houve um tempo em que todas as histórias pertenciam ao Céu.
Lá, o deus Nyame as mantinha trancada em seu baú protegido e
os humanos, na terra, viviam sem contos, sem ensinamentos e
sem memórias...*

*Kwaku Anansi, uma sábia aranha, decidiu mudar o destino do mundo
Teceu suas teias até o céu para barganhar com o grande Nyame
e resgatar as histórias, os segredos e os mistérios do mundo.
Nyame riu... e desafiou a sábia aranha.*

*“Traga-me Osebo, o Leopardo furtivo, Mmoboro, o enxame mortal
de vespas, Onini, a Píton assassina e Mmoatia, o espírito travesso
e lhe concederei o que você veio buscar”*

*Anansi voltou à terra e, junto de sua esposa,
traçou os planos para sua jornada.*

*Enredou o leopardo com armadilhas de lógica.
Atraiu as vespas com sagaz encenação.
Enrolou a cobra com sinuosos desafios.
Enganou o espírito com truques.*

*De volta ao céu, Anansi carregou os quatro em sua rede de seda.
Nyame mal podia acreditar no que via.
A partir daquele momento, o deus passou a respeitar a astúcia de Anansi
e lhe concedeu as histórias do mundo.*

*Kwaku Anansi,
a sábia aranha, devolveu à humanidade as histórias,
regando o mundo de lembranças e inspirações.*

*Os mistérios do mundo agora vivem em forma de histórias.
E hoje, venho compartilhar uma com vocês.*

RESUMO

SILVA, Gleydson Emílio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2025. **O que determina o investimento em teias da aranha *Cryptachaea migrans*: condição nutricional ou personalidade?**. Orientadora: Thiago Gechel Kloss. Coorientador: Paulo Enrique Cardoso Peixoto.

A Teoria do Forrageamento Ótimo (TFO) prevê que os animais ajustam suas estratégias de forrageio para maximizar o ganho energético. Entretanto, a TFO raramente considera o efeito de características individuais, como condição nutricional e a personalidade dos animais, nas decisões de forrageio. A condição nutricional e a personalidade podem modificar as decisões comportamentais durante o processo de forrageio, o que pode alterar o limiar de risco que os animais estão dispostos a aceitar em função dos benefícios energéticos potenciais. Aranhas apresentam variações em diversas características individuais, como na condição nutricional e nos traços de personalidade, o que torna esses organismos excelentes modelos para testar como esses fatores podem influenciar as predições da TFO. As teias utilizadas como armadilhas pelas aranhas funcionam como uma medida direta de investimento em forrageio e representam um alto custo energético para os indivíduos. Neste estudo, avaliamos se o investimento realizado por indivíduos da aranha *Cryptachaea migrans* (Theridiidae) na construção de teias é determinado pela condição nutricional ou por traços de personalidade relacionados com a ousadia dos indivíduos. A condição nutricional dos indivíduos foi representada pela massa de gordura residual, que foi avaliada em laboratório. Como ousadia dos indivíduos, mensuramos o tempo de imobilidade de cada indivíduo em um novo ambiente, mediante uma situação de risco. Observamos que aranhas com menor proporção de gordura corporal apresentaram maior investimento em fios adesivos, mas não encontramos relação entre o número de fios e a ousadia dos indivíduos. Esses resultados sugerem que aranhas com baixas condições nutricionais aumentam seu investimento em forrageio, possivelmente como uma estratégia para aumentar as chances de captura de presas e suprir suas necessidades energéticas. Além disso, sugerimos que aranhas com maior reserva de gordura podem reduzir seu investimento e realocar energia para outras demandas. Em relação a personalidade, observamos que alguns indivíduos tímidos ou ousados adotaram estratégias que resultaram em decisões não vantajosas do ponto de vista do balanço energético, assumindo maiores riscos e custos em relação ao retorno energético, contrariando os pressupostos da TFO. Os resultados deste estudo destacam a importância de considerar atributos individuais em

modelos que investigam as estratégias de maximização energética durante o forrageio dos animais.

Palavras-chave: Aranhas; Condição nutricional; Forrageio; Personalidade; Teia

ABSTRACT

SILVA, Gleydson Emílio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2025. **"What determines web investment in the spider *Cryptachaea migrans*: nutritional condition or personality?"**. Adviser: Thiago Gechel Kloss. Co-adviser: Paulo Enrique Cardoso Peixoto.

The Optimal Foraging Theory (OFT) predicts that animals adjust their foraging strategies to maximize energetic gain. However, OFT rarely considers the effect of individual traits, such as nutritional condition and personality, on foraging decisions. Nutritional condition and personality may influence behavioral decisions during foraging, potentially altering the risk threshold that individuals are willing to accept in relation to potential energetic benefits. Spiders display variation in several individual traits, such as nutritional condition and personality, making them a valuable model for testing how these factors can affect OFT predictions. Webs used as traps by spiders function as a direct measure of foraging investment and represent a high energetic cost. In this study, we evaluated whether the investment in web construction by individuals of the spider *Cryptachaea migrans* (Theridiidae) is influenced by their nutritional condition or by personality traits related to boldness. Nutritional condition was represented by residual fat mass, measured under laboratory conditions. Boldness was measured as the duration of immobility in a new environment under a simulated risk situation. We observed that spiders with lower fat reserves invested more in adhesive threads, while no relationship was found between thread investment and boldness. These results suggest that spiders in poor nutritional condition increase their foraging investment, possibly as a strategy to increase prey capture and meet their energetic demands. Furthermore, we suggest that individuals with greater fat reserves may reduce foraging investment and reallocate energy to other demands. Regarding personality, we observed that some bold or shy individuals adopted decisions that were not energetically advantageous, taking higher risks and costs for relatively low energetic returns, which contradicts OFT assumptions. Our findings highlight the importance of considering individual-level traits in models that investigate energy-maximization strategies in animal foraging.

Keywords: Spiders; Nutritional condition; Foraging; Personality ; Web

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. MATERIAIS E MÉTODOS	15
3. RESULTADOS	21
4. DISCUSSÃO	22
REFERÊNCIAS	26

1. INTRODUÇÃO

A teoria do forrageamento ótimo (TFO) prevê que a seleção natural deve favorecer estratégias de forrageamento que maximizem os ganhos energéticos com a aquisição de alimento e minimizem os custos envolvidos no processo de busca e manipulação do alimento (Barbee & Pinter-Wollman 2023; Blackledge & Wenzel 1999; MacArthur & Pianka 1966). A TFO é amplamente utilizada, mas frequentemente desconsidera (i) os riscos envolvidos no processo de busca e manipulação do alimento e (ii) o efeito de atributos individuais dos organismos sobre a maximização dos ganhos energéticos durante o forrageio. Dentre os atributos individuais, a condição corporal, reflete a quantidade de reservas energéticas que um indivíduo possui, o que pode afetar sua disposição para assumir riscos ou investir energia na busca e manipulação de alimento (Barbee & Pinter-Wollman 2023; Pasquet, Leborgne & Lubin 1999). Da mesma forma, a personalidade, entendida como diferenças consistentes no comportamento entre indivíduos ao longo do tempo (Wolf & Weissing 2012), pode moldar a forma como os organismos balanceiam o risco e o benefício durante o forrageio (Chang *et al.* 2017; Hernandez Duran *et al.* 2020). Ao ignorar essas variações individuais, a TFO pode gerar uma compreensão limitada sobre como diferentes estados fisiológicos ou comportamentais influenciam a tomada de decisão durante o forrageio, afetando o equilíbrio entre custos e benefícios enfrentados pelos indivíduos.

A quantidade de energia armazenada pelos indivíduos está diretamente relacionada à capacidade de investimento que será realizada durante o processo de aquisição de alimento (Pasquet, Leborgne & Lubin 1999). Indivíduos predadores que enfrentam restrição alimentar e, conseqüentemente, apresentam piores condições corporais, podem modificar seu comportamento, adotando estratégias mais arriscadas ou alterando o investimento no forrageio (Barbee & Pinter-Wollman 2023; Pasquet, Leborgne & Lubin 1999). Isso ocorre porque a limitação energética pode afetar diretamente a fisiologia dos indivíduos (Pasquet, Leborgne & Lubin 1999; Uetz 1992), pressionando-os a suprir suas necessidades energéticas com urgência, independente do risco.

A personalidade dos indivíduos, geralmente descrita como um contínuo agressivo-dócil e ousado-tímido, pode alterar a tomada de decisão sobre o tipo de presa a caçar, o tempo de exposição e a distância a ser percorrida durante o forrageio (Ariyomo, Carter & Watt 2013; Couchoux & Cresswell 2012; Hernandez Duran *et al.* 2020). Assim, alguns traços de personalidade especialmente relacionados com a capacidade de exploração de um objeto ou ambiente desconhecido podem alterar o balanço energético entre custos e benefícios durante o

forrageio (Couchoux & Cresswell 2012; Patrick, Pinaud & Weimerskirch 2017). A ousadia é um dos principais traços relacionados com a capacidade de exploração ou exposição. Indivíduos menos ousados (tímidos) são aqueles que adotam comportamentos mais conservadores, assumindo menos riscos em suas ações, quando comparados aos mais ousados. Isso pode resultar em taxas de forrageio abaixo do ideal, já que a menor disposição ao risco pode levar à redução do tempo investido na busca por alimento ou na exploração de ambientes onde a disponibilidade de recursos seria maior (Couchoux & Cresswell 2012).

Aranhas são predadores com grande variação individual nas condições energéticas e nos traços de personalidade (Blackledge 1998; Blackledge & Wenzel 2001; Chang *et al.* 2017; Lubin & Henschel, 1996; Wolf & Weissing 2012), o que torna esses organismos bons modelos para compreender como características individuais podem afetar a maximização da aquisição energética durante o forrageio. Em diversas famílias de aranhas, o forrageio é realizado por meio da construção de teias, que atuam na interceptação e retenção das presas. Dessa forma, as características das teias (por exemplo, tamanho, número de fios, densidade) representam uma medida quantificável do investimento em forrageio realizado pelos indivíduos (Blackledge & Wenzel 2001; Craig 2003; Pasquet, Leborgne & Lubin 1999; Peakall & Witt 1976; Tillinghast & Townley 2008; Vollrath & Selden 2007;). Isso ocorre porque a produção do fio de seda e a construção das teias demanda alto investimento energético (Peakall & Witt 1976; Tillinghast & Townley 2008). Assim, é possível que indivíduos em pior condição nutricional invistam menos em suas teias de retenção, enquanto aquelas com melhores condições corporais sejam capazes de investir mais energia nessa estrutura. Além disso, traços de personalidade também podem influenciar na tomada de decisão durante o processo de construção das teias. Em espécies de aranhas que utilizam abrigos e permanecem neles até que presas sejam interceptadas por suas teias, indivíduos menos ousados tendem a ter menor disposição ao risco, permanecendo no abrigo por mais tempo após a detecção de uma presa. Esse tempo de avaliação permite a identificação do tipo de presa retida, assim como dos potenciais predadores que podem ficar alojados nas teias, minimizando o risco das aranhas serem feridas por presas potencialmente perigosas ou de se exporem a predadores presentes fora do abrigo. Assim, indivíduos menos ousados podem investir em teias com maior capacidade de retenção, como forma de reduzir a chance de fuga das presas durante o maior tempo de avaliação do risco (Couchoux & Cresswell 2012; Sih & Del Giudice 2012).

Neste estudo, investigamos como a condição nutricional e a personalidade influenciam as estratégias de forrageamento de *Cryptachaea migrans* (Keyserling, 1884) (Theridiidae) (Figura 1). As teias são caracterizadas por uma estrutura tridimensional, constituída por um

abrigo foliar (Figura 2a), de onde partem fios verticais, que são conectados ao solo (Figura 2b). Os indivíduos permanecem nos abrigos foliares localizados na parte superior da teia, de onde detectam a presença das presas por meio das vibrações transmitidas pelos fios. A maioria dos fios verticais é constituída por fios com extremidades conectadas ao solo preenchidas por gotículas adesivas (Figura 2c), que atuam na retenção das formigas do solo que tocam nesses fios durante o deslocamento na serrapilheira (Kloss *et al.* 2024). Também há feixes periféricos constituídos por diversos raios verticais sobrepostos, o que aumenta a espessura do fio e resulta em uma extremidade ramificada, conectada ao solo (Figura 2d). Esses fios reforçados provavelmente aumentam a estabilidade da estrutura da teia.

Para investigar como essas características afetam a construção de teia em *C. migrans*, avaliamos as hipóteses de que o investimento em fios de retenção será (i) menor em indivíduos com pior condição corporal, e (ii) maior em indivíduos menos ousados. Focamos nos fios de retenção pelo fato de serem mais custosos e produzidos em maior número, representando quase a totalidade dos fios da armadilha. Se o investimento for determinado pela condição nutricional dos indivíduos, esperamos encontrar um menor número de fios adesivos para a retenção de formigas nas teias de indivíduos com menor massa de gordura corporal. Se o investimento for determinado por personalidade, esperamos que as teias das aranhas com maior tempo de imobilidade apresentem maior número de fios adesivos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo e coleta das aranhas

Coletamos os indivíduos de *C. migrans* em um fragmento de Mata Atlântica secundária, o Recanto das Cigarras, localizado no campus da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil (20°45'28.7"S 42°51'55.2"O). O fragmento possui uma área de 75 ha, sendo caracterizado por uma vegetação de Floresta Estacional Semidecídua. A área se encontra em uma região de clima tropical, com altitude variando de 725 a 745 m e temperatura anual média de 19 °C (Silva *et al.* 2010).

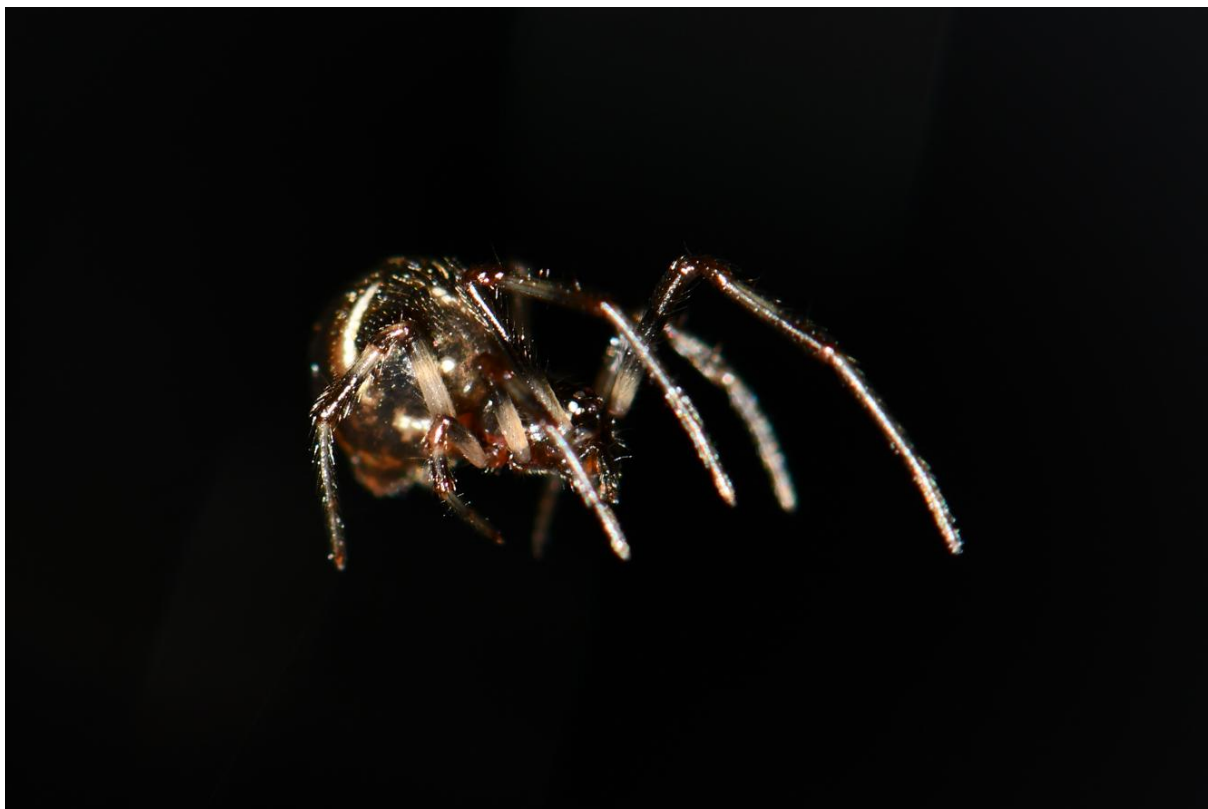


Figura 1. Indivíduo da espécie *Cryptachaea migrans* (Theridiidae).

Coletamos apenas fêmeas adultas e sub-adultas, pois os machos de *C. migrans* possuem o tamanho reduzido e são raramente encontrados. Os indivíduos da espécie foram identificados com base em caracteres morfológicos, seguindo a descrição de Santanna *et al.* 2019. As coletas foram realizadas em cinco expedições entre os meses de setembro e novembro de 2023. A coleta dos indivíduos foi realizada por busca ativa, onde uma dupla de pesquisadores percorreu as trilhas do fragmento, identificando as teias de *C. migrans* próximas ao solo ou à base de grandes árvores. Coletamos 79 fêmeas adultas e sub-adultas juntamente com seus abrigos. No momento da coleta, armazenamos os indivíduos em tubos do tipo Falcon (50ml), tampados com tecido do tipo *voil*. Fêmeas com filhotes, parasitadas ou em processo de ecdise não foram utilizadas no experimento, pois esses fatores podem induzir alterações no comportamento das aranhas, que resultam na construção de arquiteturas modificadas das teias (Kloss *et al.* 2024).

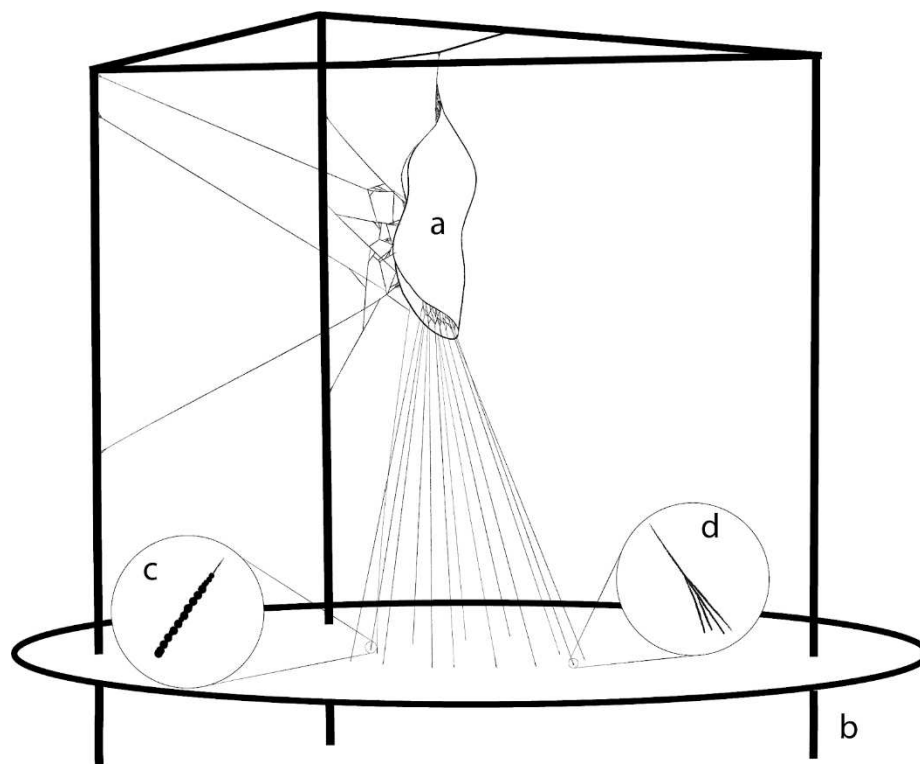


Figura 2. Esquema de teia de *Cryptachaea migrans* (Theridiidae) construída em uma estrutura tridimensional artificial (20 x 25 cm), ressaltando as principais estruturas da teia: (a) abrigo, (b) estrutura tridimensional, (c) fio adesivo e (d) fio ramificado.

Manutenção das aranhas em laboratório

Após a coleta, realizamos a transferência dos indivíduos para estruturas tridimensionais. As estruturas tridimensionais foram constituídas por três palitos de madeira posicionados verticalmente como colunas de sustentação e dispostos de forma triangular (20 cm de diâmetro), outros três palitos posicionados horizontalmente acima desses com suas extremidades conectadas por linha de algodão (20 cm de altura), e uma base constituída por um disco circular de isopor (20 cm de diâmetro) forrado com papel cartão preto (Figura 2). As dimensões da estrutura foram calculadas com base no tamanho natural das teias de *C. migrans* (ver Kloss *et al.* 2024), o que evitou que a construção das teias nas estruturas artificiais fosse influenciada pela limitação de espaço. Para instalar os abrigos na estrutura, amarramos uma linha de algodão entre dois palitos dispostos horizontalmente. Em seguida, fixamos o abrigo enrolando fios de seda presentes em seu topo à linha de algodão. A distância da base do abrigo até a superfície da estrutura foi de 6 cm. Após a instalação, transferimos as fêmeas para dentro dos abrigos usando um pincel.

As estruturas foram acondicionadas em uma sala climatizada, com temperatura constante de 23 °C, umidade de 70% e fotoperíodo de 12 h de luz branca artificial. Após a instalação das aranhas nas estruturas, os indivíduos passaram por dois dias de aclimação neste novo ambiente, sem nenhuma manipulação ou oferta de presas. Após 48 h, as teias foram pulverizadas com água e o número de fios verticais adesivos de cada teia foi contabilizado. Ao longo do experimento, 41 indivíduos foram excluídos, o que esteve relacionado com (i) fuga do abrigo, (ii) construção da teia fora da estrutura artificial, (iii) produção de ooteca, (iv) realização de ecdise ou (v) presença de parasitismo por vespas *Polysphinctini* (Ichneumonidae), resultando em um grupo experimental de 38 fêmeas adultas.

Avaliação da ousadia dos indivíduos

Para medir a relação entre o número de fios adesivos e a personalidade dos indivíduos, utilizamos os mesmos indivíduos usados para avaliar a relação entre o investimento em fios adesivos e a gordura residual. Após 24 h da contagem dos fios das teias, retiramos as aranhas de seus abrigos e as transferimos para um pote plástico transparente (16 cm de comprimento X 11 cm de largura) contendo um disco de papel filtro no fundo. Antes de medir o tempo de imobilidade, cada indivíduo foi mantido em aclimação por 5 min no pote, sem perturbações. Em seguida, o pote foi sacudido manualmente por 10 s em movimentos horizontais e a aranha foi tocada por um pincel cinco vezes, simulando uma possível predação ou ataque, de acordo com protocolo adaptado de Beydzizada & Pekár (2023) e Bateson *et al.* (2011). Utilizamos a combinação dos dois estímulos com o objetivo de garantir que a aranha percebesse uma ameaça iminente. Após essa simulação de ataque, filmamos cada indivíduo durante 10 min, utilizando uma câmera NikonD5100, com lente 18-55mm fixada em um tripé. Algumas aranhas conseguiram escalar a parede do pote até a borda. Esses indivíduos eram devolvidos imediatamente para o centro do pote. Com base em cada filmagem, contabilizamos o tempo de imobilidade no ambiente, o que representou a ousadia de cada indivíduo. Quando a aranha se mantinha fixa em um local e ocorria movimentação das pernas dianteiras, contabilizamos essa ação como tempo de mobilidade, considerando esse movimento como um comportamento de exploração do ambiente. As avaliações da ousadia foram realizadas durante três dias consecutivos, procedimento adotado para mensurar a consistência no traço de personalidade dos indivíduos de *C. migrans*. Após cada avaliação, as aranhas foram levadas de volta a sua respectiva teia e receberam alimentação. A alimentação foi constituída por formigas operárias da espécie *Acromyrmex subterraneus* (Forel, 1893), que possuíam uma biomassa entre 9 e 13 mg. Para investigar se existia consistência no comportamento ao longo dos três dias, estimamos

a repetibilidade do tempo de imobilidade de cada indivíduo construindo um modelo linear geral de efeito misto, usando o pacote rptR (Stoffel, Nakagawa & Schielzeth 2017). A identidade de cada aranha foi considerada como efeito aleatório no modelo.

Avaliação da condição nutricional das aranhas

Para estimar a condição nutricional das aranhas, mensuramos a massa da gordura residual, que foi avaliada após a realização de todas as avaliações da ousadia. A gordura dos indivíduos foi extraída por meio do uso do clorofórmio (adaptado de Peixoto & Benson 2011). Para isso, desidratamos as aranhas por 72 h na estufa a 70 °C e pesamos cada indivíduo, obtendo a massa corporal desidratada com gordura. Após esse procedimento, deixamos as aranhas em tubos de vidro contendo 5 ml de clorofórmio por mais 72 h, com o objetivo de extrair a gordura de seus corpos. Após 36 h no clorofórmio, os tubos de vidro foram balançados para manter o processo de dissolução da gordura. Em seguida, retiramos as aranhas do clorofórmio e realizamos uma nova secagem por mais 72 h. Por fim, pesamos todos os indivíduos secos e sem gordura. A quantidade de gordura de cada aranha foi determinada pela diferença entre o peso do corpo desidratado com gordura e sem gordura. Como a biomassa dos indivíduos pode afetar na quantidade de gordura corporal, utilizamos como uma medida da condição energética dos indivíduos, a massa de gordura residual. Essa medida foi representada pelos resíduos de uma regressão linear entre a quantidade de gordura e a massa seca sem gordura de cada aranha.

Análises estatísticas

Para investigar se a gordura residual de cada indivíduo determina o investimento na estrutura de retenção de presas na teia, utilizamos um modelo linear geral, considerando a gordura residual como a variável preditora e o número de fios adesivos como a variável resposta. A distribuição dos resíduos do teste foi analisada para verificar sua normalidade e homocedasticidade com o pacote DHARMA (Hartig, 2022).

Para investigar se a ousadia tem efeito sobre a quantidade de fios adesivos na teia, calculamos inicialmente a média do tempo de deslocamento de cada indivíduo ao longo dos três dias. Médias maiores indicam que os indivíduos tiveram maior tendência ao deslocamento, sendo esses considerados os mais ousados. Porém, além da média, avaliamos a consistência do comportamento entre os dias de avaliação. Para isso, calculamos o desvio padrão do tempo de deslocamento de cada indivíduo e o seu inverso ($1/\text{desvio padrão}$), medida que foi inserida no modelo para controlar a consistência do comportamento de imobilidade. Utilizamos um modelo linear geral misto para avaliar o possível efeito da ousadia sobre a estrutura das teias de *C.*

migrans. considerando a média do tempo de imobilidade como variável preditora e o número de fios adesivos como variável resposta. Além disso, consideramos a data de realização dos experimentos como variável aleatória no modelo e inserimos o inverso do desvio padrão do tempo de imobilidade de cada indivíduo como um peso na análise. Dessa forma, indivíduos com baixa consistência no tempo de imobilidade entre os dias tiveram uma contribuição menor nas estimativas do modelo. Realizamos as análises no programa R versão 4.4.1 (R Core Team 2024).

Legalidade e ética experimental

A espécie *Cryptachaea migrans* utilizada no estudo, tem ampla distribuição na região neotropical e ocorre no Brasil na Mata Atlântica, Cerrado e Amazônia. No início da estação chuvosa, ocorre um alto número de indivíduos adultos nas populações, especialmente em regiões mais úmidas, como a área de estudo utilizada. Durante o cuidado maternal dessa espécie, já observamos a sobreposição de três gerações de filhotes, o que demonstra grande capacidade de reprodução desses indivíduos. Por essas características, acreditamos que o presente trabalho não comprometeu ou fragilizou de maneira relevante a viabilidade das populações dessa espécie na natureza. A manipulação experimental das aranhas e o trabalho de campo foram realizados com autorização do Sistema de Autorização e Informação sobre Biodiversidade SISBIO/ICMBio (Autorização nº 61249, Brasil) e cumpriu com os requisitos legais e éticos atuais para bem-estar animal. Para minimizar impactos adversos e garantir o bem-estar dos indivíduos, as aranhas foram coletadas e imediatamente transportadas para o laboratório, onde permaneceram em condições controladas de luz, temperatura e umidade. Ao longo dos experimentos as aranhas eram manipuladas com pincéis de cerdas macias. Para evitar desidratação da seda e das aranhas, borrifamos água diariamente nas teias no início do dia. As formigas utilizadas para a alimentação das aranhas foram retiradas de uma colônia mantida em laboratório, que são alimentadas com solução de água e açúcar, e recebem folhas que são utilizadas para a manutenção do jardim de fungo da colônia. Para evitar destruição da teia e redução de risco para as aranhas, induzimos a redução da atividade das formigas por meio da manutenção das formigas operárias no congelador durante 2 minutos.

3. RESULTADOS

A quantidade de fios verticais adesivos em cada teia variou entre 0 e 94 (N=38), sendo altamente correlacionado com o número de fios totais ($R^2=0,99$; $p < 0,001$). A gordura residual observada nos indivíduos variou entre 0,2 e 4,0 mg. Observamos que indivíduos de *C. migrans* com maior quantidade de gordura residual investiram em menor número de fios adesivos nas teias ($F_{(1,36)} = 7,22$; $p=0.01$; Figura 3).

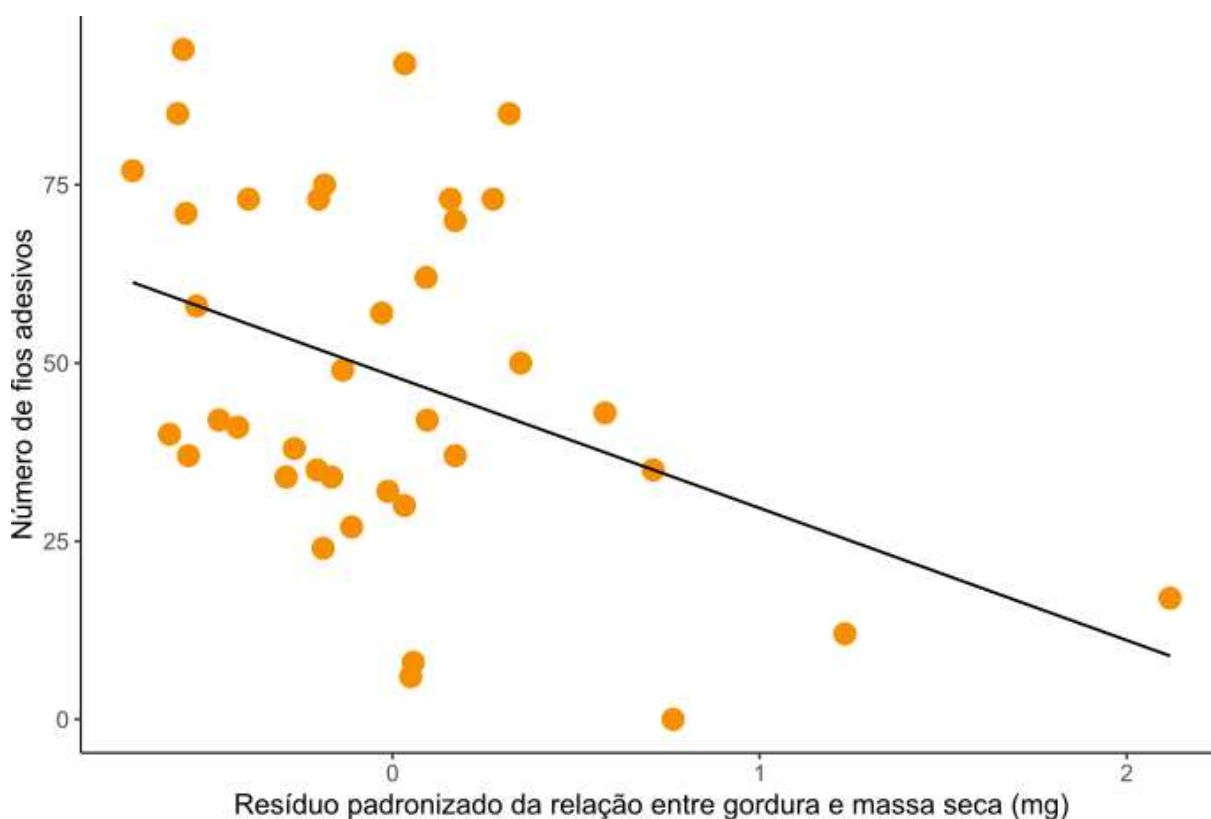


Figura 3. Relação entre número de fios adesivos e o resíduo padronizado da relação entre a quantidade de gordura e a massa seca sem gordura de cada indivíduo. Cada ponto representa um indivíduo de *Cryptachaea migrans* (Theridiidae). $y = 48,18 - 18,54x$; $R^2 = 0.16$.

Na avaliação da ousadia, observamos que alguns indivíduos entravam em tanatose no momento da aclimatação ou após a simulação de ataques. Outros indivíduos jogavam seda no pincel quando eram tocados. Ao serem depositadas no pote, muitas aranhas apresentavam um comportamento de deslocamento pelo ambiente e depois ficavam em um estado de imobilidade total. Posteriormente, esses indivíduos alternavam entre momentos de mobilidade e imobilidade.

O tempo de imobilidade observado entre indivíduos variou de 2 a 597 s. Dentre os 38 indivíduos testados, 24 (63%) reagiram ao ataque e entraram em tanatose em pelo menos uma avaliação, tempo que variou entre 10 e 597s. A média da imobilidade por indivíduo ao longo dos três dias de teste variou entre 0,7 e 514,0 s. Observamos uma consistência na imobilidade apresentada por cada indivíduo ao longo dos três dias de avaliação (rptR: $R = 0,47$; $SE = 0,095$; $p = <0,0001$). Entretanto, não encontramos relação entre a ousadia dos indivíduos e o número de fios adesivos inseridos em cada teia ($\chi^2(1) = 1.53$, $p = 0.21$; Figura 4).

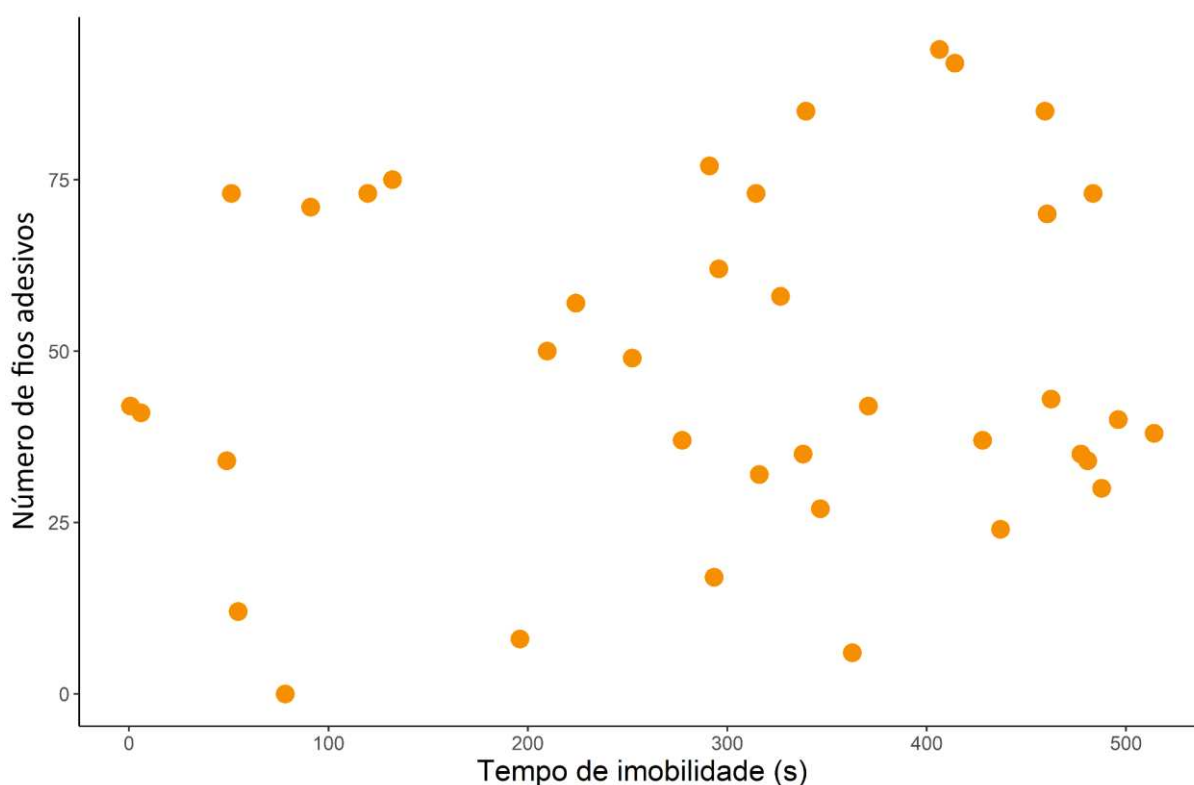


Figura 4. Relação entre número de fios adesivos e o tempo de imobilidade observado para cada indivíduo (ousadia). Cada ponto representa um indivíduo de *Cryptachaea migrans* (Theridiidae). $y = 46.37 + 0.01x$; $R^2_m = 0.05$.

4. DISCUSSÃO

O investimento em fios de retenção em teias construídas por indivíduos de *C. migrans* depende da quantidade de gordura presente em cada aranha. Contudo, nós esperávamos que o número de fios de retenção de presas seria maior em teias construídas por indivíduos com maior quantidade de gordura armazenada, e observamos um padrão oposto. O número de fios adesivos foi maior nas teias construídas por indivíduos em piores condições, evidenciando que

indivíduos com menores reservas energéticas investem em teias com maior quantidade de fios adesivos. Entretanto, não observamos uma relação entre o número de fios adesivos e a ousadia dos indivíduos, o que indica que a capacidade de exploração em um ambiente desconhecido não influencia o investimento realizado pelas aranhas em fios adesivos nas teias. Esse resultado indica que indivíduos menos ousados (tímidos) não aumentam o investimento em fios de retenção para reduzir a probabilidade de fuga das presas retidas durante o processo de avaliação e captura. Dessa forma, o nosso estudo demonstra que a variação individual observada no número de fios de retenção em teias de *C. migrans* pode ser explicada pela quantidade de gordura armazenada, mas não pela ousadia de cada indivíduo.

As reservas de gordura são fundamentais para a sobrevivência e desempenham papéis cruciais no ciclo de vida dos animais, especialmente na reprodução (Greenstone & Bennett 1980; Speakman & Król, 2005). Em aranhas, manter uma boa condição nutricional é o que permite o acúmulo de energia necessário para o investimento em teia e a produção de ovos. A teia, embora seja energeticamente cara, é a principal forma de captação de alimento e, por isso, é altamente importante para a manutenção da condição corporal (Peakall & Witt 1976; Sherman 1994; Tillinghast & Townley 2008). Observamos que indivíduos com piores condições nutricionais priorizaram um alto investimento em teia, o que pode ser uma tentativa de aumentar suas reservas energéticas mesmo mediante um custo elevado. Esse fato corrobora o que já foi observado para outras espécies, onde aranhas orbitelas famintas ou em baixas condições nutricionais investem sua energia restante para ampliar as teias de captura, enquanto aranhas com boas condições constroem teias menores, poupando mais energia (Lubin & Henschel, 1996; Sherman 1994). Essa adaptação pode ser vantajosa a curto prazo, mas pode afetar outras funções futuras dos indivíduos em piores condições, como a reprodução (Blackledge & Zevenbergen 2007; Pasquet, Leborgne & Lubin 1999; Sherman 1994; Zhang *et al.* 2023). Além disso, por mais que o alto investimento em teia possa garantir maior retorno de presas, o fato das aranhas em boa condição nutricional não realizarem um alto investimento, reforça que o deslocamento de energia para a produção das teias pode ter efeitos negativos. Além de possivelmente comprometer a capacidade reprodutiva dos indivíduos (Pasquet, Leborgne & Lubin 1999; Blackledge & Zevenbergen 2007), teias maiores também podem interceptar presas grandes demais para serem subjugadas (Murakami 1983), o que representaria um desperdício em estrutura e um risco à segurança dos indivíduos. Dessa forma, sugerimos que essa capacidade de modulação das teias de acordo com a condição nutricional é responsável pela variação estrutural das teias de *C. migrans*. Essa capacidade possibilita que esses indivíduos

consigam enfrentar períodos de escassez alimentar, alocando energia em atividades que possam contornar essa situação de escassez energética.

Com relação à personalidade, embora a ousadia possa influenciar as estratégias de forrageio em algumas espécies de aranhas (Chang *et al.* 2017), não encontramos nenhum efeito desse traço sobre o número de fios adesivos em *C. migrans*. Isso indica que esse comportamento não está diretamente relacionado às decisões sobre a estrutura da teia. Tanto aranhas ousadas quanto tímidas variaram seu investimento em armadilhas para retenção de presas, construindo teias com poucos ou muitos fios. Indivíduos ousados que investem em muitos fios em suas teias podem aumentar as chances de captura de presa, mas também apresentam alta disposição em assumir riscos, o que os leva a sair rapidamente do abrigo para a captura da presa. Assim, um alto investimento estrutural em fios adesivos pode representar um gasto desnecessário de energia para indivíduos ousados, quando consideramos que sua rápida velocidade de resposta já aumenta as probabilidades de sucesso (Chang *et al.* 2017). De forma semelhante, aranhas muito tímidas que investem em poucos fios estão sujeitas a baixas taxas de captura, pois a probabilidade de retenção das presas pode ser reduzida consideravelmente pelo baixo número de fios adesivos e grande tempo de avaliação, o que aumenta a chance de fuga das presas retidas. No entanto, considerando que o investimento em teia pode ser modulado pela condição nutricional, é possível que indivíduos tímidos, devido à menor taxa de captura, construam teias mais simples, porém com maior frequência de renovação em comparação aos indivíduos ousados. Esses resultados indicam que, ao considerar os atributos individuais dos organismos, as decisões de forrageio não se baseiam exclusivamente na maximização do ganho energético, como previsto pelos pressupostos TFO clássica, pois outros fatores comportamentais ou ambientais podem influenciar as estratégias adotadas pelos indivíduos.

Os resultados que obtivemos nesse estudo indicam que indivíduos de *C. migrans* podem adotar estratégias distintas para aumentar a ingestão de nutrientes, que nem sempre seguem a lógica da maximização energética, prevista pela TFO. No caso específico da condição corporal, observamos que indivíduos de *C. migrans* em pior condição corporal investem mais energia na construção de teias, o que sugere que restrições energéticas mais intensas pode ser um fator determinante para modificar o investimento em forrageio, levando a altos custos para evitar a morte por inanição e comprometendo outras funções biológicas. Além disso, quando avaliamos a personalidade, alguns indivíduos tímidos ou ousados adotaram estratégias que resultam em decisões potencialmente desvantajosas do ponto de vista do balanço energético, assumindo maiores custos e riscos do que retorno energético. Os resultados deste estudo revelam a importância de considerar atributos individuais em modelos de investigação de forrageio. Aqui,

a inclusão de condição corporal e personalidade mostraram que as estratégias de forrageio não são baseadas apenas em otimização de ganhos e custos como sugere a TFO. Assim, os resultados aqui encontrados nos permitem entender que as decisões do forrageio estão associadas às condições específicas dos indivíduos e que nem sempre a maximização energética determinará a estrutura das teias de forrageamento.

REFERÊNCIAS

ARIYOMO, Tolulope O.; CARTER, Mauricio; WATT, Penelope J. Heritability of boldness and aggressiveness in the zebrafish. **Behavior Genetics**, v. 43, p. 161-167, 2013.

BARBEE, Bryce; PINTER-WOLLMAN, Noa. Nutritional needs and mortality risk combine to shape foraging decisions in ants. **Current Zoology**, v. 69, n. 6, p. 747-755, 2023.

BATESON, Melissa et al. Agitated honeybees exhibit pessimistic cognitive biases. **Current Biology**, v. 21, n. 12, p. 1070-1073, 2011.

BEYDIZADA, Narmin; PEKÁR, Stano. Personality predicts mode of attack in a generalist ground spider predator. **Behavioral Ecology**, v. 34, n. 1, p. 42-49, 2023.

BLACKLEDGE, Todd A. Stabilimentum variation and foraging success in *Argiope aurantia* and *Argiope trifasciata* (Araneae: Araneidae). **Journal of Zoology**, v. 246, n. 1, p. 21-27, 1998.

BLACKLEDGE, Todd A.; WENZEL, John W. Do stabilimenta in orb webs attract prey or defend spiders?. **Behavioral Ecology**, v. 10, n. 4, p. 372-376, 1999.

BLACKLEDGE, T. A.; WENZEL, J. W. State-determinate foraging decisions and web architecture in the spider *Dictyna volucripes* (Araneae Dictynidae). **Ethology Ecology & Evolution**, v. 13, n. 2, p. 105-113, 2001.

BLACKLEDGE, Todd A.; ZEVENBERGEN, Jacquelyn M. Condition-dependent spider web architecture in the western black widow, *Latrodectus hesperus*. **Animal Behaviour**, v. 73, n. 5, p. 855-864, 2007.

CHANG, Chia-chen et al. Predator personality and prey behavioural predictability jointly determine foraging performance. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 40734, 2017.

COUCHOUX, Charline; CRESSWELL, Will. Personality constraints versus flexible antipredation behaviors: how important is boldness in risk management of redshanks (*Tringa totanus*) foraging in a natural system?. **Behavioral Ecology**, v. 23, n. 2, p. 290-301, 2012.

CRAIG, Catherine L. *Spiderwebs and silk: tracing evolution from molecules to genes to phenotypes*. New York: Oxford University Press, 2003.

GREENSTONE, Matthew H.; BENNETT, Albert F. Foraging strategy and metabolic rate in spiders. **Ecology**, v. 61, n. 5, p. 1255-1259, 1980.

HARTIG, F. DHARMA: Residual diagnostics for hierarchical (multi-level/mixed) regression models, 2022. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=DHARMA>.

HERNANDEZ DURAN, Linda; RYMER, Tasmin Lee; WILSON, David Thomas. Variation in venom composition in the Australian funnel-web spiders *Hadronyche valida*. **Toxicon: X**, v. 8, p. 100063, 2020.

KLOSS, Thiago Gechel et al. Deluded zombies: induced behavioral modification in a cobweb spider does not increase the survival of its parasitoid wasp. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 78, n. 1, p. 13, 2024.

LUBIN, Y.; HENSCHER, J. The influence of food supply on foraging behaviour in a desert spider. **Oecologia**, v. 105, n. 1, p. 64-73, 1996.

MACARTHUR, Robert H.; PIANKA, Eric R. On optimal use of a patchy environment. **The American Naturalist**, v. 100, n. 916, p. 603-609, 1966.

MURAKAMI, Yasuaki. Factors determining the prey size of the orb-web spider, *Argiope amoena* (L. Koch)(Argiopidae). **Oecologia**, v. 57, p. 72-77, 1983.

PASQUET, Alain; LEBORGNE, Raymond; LUBIN, Yael. Previous foraging success influences web building in the spider *Stegodyphus lineatus* (Eresidae). **Behavioral Ecology**, v. 10, n. 2, p. 115-121, 1999.

PATRICK, Samantha C.; PINAUD, David; WEIMERSKIRCH, Henri. Boldness predicts an individual's position along an exploration–exploitation foraging trade-off. **Journal of Animal Ecology**, v. 86, n. 5, p. 1257-1268, 2017.

PEAKALL, David B.; WITT, Peter N. The energy budget of an orb web-building spider. **Comp. Biochem. Physiol. A**, v. 54, n. 1976, p. 187-190, 1976.

PEIXOTO, Paulo Enrique Cardoso; BENSON, Woodruff W. Fat and body mass predict residency status in two tropical satyrine butterflies. **Ethology**, v. 117, n. 8, p. 722-730, 2011.

R Core Team (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

SANTANNA, Manoela et al. On the spider genus *Cryptachaea* from Peru, Bolivia and cave environments in Brazil: a new species, additional descriptions and new records (Araneae, Theridiidae). **Zootaxa**, v. 4646, n. 2, p. 271–292, 2019.

SHERMAN, Peter M. The orb-web: an energetic and behavioural estimator of a spider's dynamic foraging and reproductive strategies. **Animal Behaviour**, v. 48, n. 1, p. 19-34, 1994.

SIH, Andrew; DEL GIUDICE, Marco. Linking behavioural syndromes and cognition: a behavioural ecology perspective. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 367, n. 1603, p. 2762-2772, 2012.

SILVA, Celice Alexandre; VIEIRA, Milene Faria; AMARAL, Cibele Hummel do. Floral attributes, ornithophily and reproductive success of *Palicourea longepedunculata* (Rubiaceae), a distylous shrub in southeastern Brazil. **Rev Bras Bot**, v. 33, p. 207-213, 2010.

SPEAKMAN, John R.; KRÓL, Elżbieta. Limits to sustained energy intake IX: a review of hypotheses. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 175, p. 375-394, 2005.

STOFFEL, Martin A.; NAKAGAWA, Shinichi; SCHIELZETH, Holger. rptR: Repeatability estimation and variance decomposition by generalized linear mixed-effects models. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 8, n. 11, p. 1639-1644, 2017.

TILLINGHAST, Edward K.; TOWNLEY, Mark A. Free amino acids in spider hemolymph. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 151, n. 3, p. 286-295, 2008.

UETZ, George W. Foraging strategies of spiders. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 7, n. 5, p. 155-159, 1992.

VOLLRATH, Fritz; SELDEN, Paul. The role of behavior in the evolution of spiders, silks, and webs. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.**, v. 38, n. 1, p. 819-846, 2007.

WOLF, Max; WEISSING, Franz J. Animal personalities: consequences for ecology and evolution. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 27, n. 8, p. 452-461, 2012.

ZHANG, Haixin et al. Feeding mediated web-building plasticity in a cobweb spider. **Current Zoology**, v. 69, n. 6, p. 756-765, 2023.