

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ISADORA PESSOA FINHOLDT VALIM

**A IMPORTÂNCIA DA COLORAÇÃO CONTRA PREDACÃO E O EFEITO DO
FOGO NA CAMUFLAGEM DE *Rekoa marius* (LEPIDOPTERA: LYCAENIDAE)**

UBERLÂNDIA – MG

2022

ISADORA PESSOA FINHOLDT VALIM

**A IMPORTÂNCIA DA COLORAÇÃO CONTRA PREDÇÃO E O EFEITO DO
FOGO NA CAMUFLAGEM DE *Rekoa marius* (LEPIDOPTERA: LYCAENIDAE)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito para a obtenção do grau de Bacharelado no curso de Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Del Claro

Co-orientadora: Ma. Isamara Mendes da Silva

UBERLÂNDIA – MG

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**A IMPORTÂNCIA DA COLORAÇÃO CONTRA PREDÇÃO E O EFEITO DO
FOGO NA CAMUFLAGEM DE *Rekoa marius* (LEPIDOPTERA: LYCAENIDAE)**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado para a
obtenção do grau de Bacharelado, no Curso de
Ciências Biológicas, da Universidade Federal de
Uberlândia, pela banca examinadora formada por:

Uberlândia, 02 de Agosto de 2022.

Prof. Dr. Kleber Del Claro, UFU

Ma. Isamara Mendes da Silva, USP

Ma. Iasmim Pereira de Freitas

Dr. Bruno de Sousa Lopes

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a minha família por todo o apoio fornecido em toda a minha graduação. Mãe, obrigado por me inspirar a ser uma mulher forte, determinada e muito alegre! Pai, eu agradeço por ter sempre se esforçado para me dar a melhor educação que eu podia ter, sei que não foi possível estar presente durante essa parte da minha vida mas o senhor me transformou em quem sou hoje e agradeço muito por isso. Isabela e Ilgner obrigado pelos conselhos e por aturar e ter paciência com a caçulinha.

Em segundo lugar queria agradecer a UFU por ser uma faculdade sensacional. Obrigado Kleber por me aceitar no laboratório e me mostrar a verdadeira importância de fazer pesquisa. Agradeço a todos do LECI que me acompanharam e ajudaram no campo. Agradeço de coração a Isamara, a melhor coorientadora que eu poderia pedir! Obrigado Isa por ser minha companheira e amiga nessa fase, por me ensinar tudo desde a coleta até a escrita e me acompanhar no campo em tempos de chuva e de sol! Obrigada Vergílio pelas caronas que foram muito importantes para a realização desse trabalho e por ter criado os modelos 3D que ajudaram bastante na confecção das massinhas. Agradeço muitíssimo a CNPQ por todas as bolsas recebidas que foram fundamentais na execução do trabalho e também a MinasBio por ter me proporcionado tantas experiências e por ter conhecido pessoas maravilhosas no caminho.

Em terceiro lugar, queria agradecer todos os meus amigos que escutaram todos meus desabafos e reclamações diárias. Bruno e Pugli, obrigado por sempre estarem do meu lado e sempre darem risadas comigo! Por fim, agradeço ao meu namorado Oliver por ser o melhor companheiro e amigo que eu poderia imaginar. Obrigada por me amar, proteger e sempre me incentivar a ser melhor.

RESUMO

A camuflagem é uma estratégia de defesa distal comum em insetos e amplamente presente em Lepidoptera. Diversas espécies de lagartas utilizam a camuflagem visual, o que reduz as chances de serem encontradas por predadores e aumenta sua taxa de sobrevivência. Por exemplo, larvas florívoras de *Rekoa marius* (Lepidoptera: Lycaenidae) são capazes de modificar sua coloração através de sua dieta, tal estratégia sugere que esta lagarta de borboleta permaneça camuflada nas mais diversas plantas hospedeiras. Entretanto, eventos como queimadas podem impactar esse mecanismo de defesa com a alteração dos padrões de coloração dos substratos remanescentes, podendo tornar as lagartas mais conspícuas e vulneráveis a predadores visualmente orientados. Tendo em vista este cenário, investigamos experimentalmente o papel da camuflagem contra predação em lagartas de *R. marius* em áreas de cerrado antes (2021) e pós queimadas (2022). Para isso, foram produzidos modelos artificiais de lagartas de *R. marius* camufladas (semelhante a cor da inflorescência da planta hospedeira) e não camufladas (branca), ambos foram expostos em três espécies de plantas hospedeiras com inflorescências de cores distintas (rosa, amarela e verde); em seguida foi quantificada a taxa de ataque ao longo do tempo por predadores visualmente orientados. Os resultados obtidos revelaram uma maior taxa de predação em lagartas artificiais não camufladas quando comparada as camufladas na área antes da queimada. Entretanto, não houve diferença na taxa de predação entre os modelos camuflados e não camuflados na área pós queimada. A baixa ocorrência de predação nos modelos de lagartas camufladas evidencia a importância da aquisição da coloração em imaturos de *R. marius* como defesa contra predadores. Contudo, o fogo pode afetar negativamente esse mecanismo de defesa, ao tornar as lagartas mais aparentes em seus substratos e, portanto, mais evidentes aos predadores.

Palavras-chave: Cerrado, mecanismos de defesa, pistas visuais, polimorfismo, queimadas.

ABSTRACT

Camouflage is a distal defense strategy common in insects and widely present in Lepidoptera. Several species of caterpillars use visual camouflage, which reduces the chances of being found by predators and increases their survival rate. For example, flowering larvae of *Rekoa marius* (Lepidoptera: Lycaenidae) can modify their color through diet, such strategy suggests that this butterfly caterpillar remains camouflaged in the most diverse host plants. However, events such as wildfires can impact this defense mechanism with the alteration of the coloration patterns of the remaining substrates, which can make the caterpillars more conspicuous and vulnerable to visually oriented predators. In view of this scenario, we experimentally investigated the role of camouflage against predation in *R. marius* caterpillars in Cerrado areas before and after a fire event. For this, artificial models of camouflaged *R. marius* caterpillars (similar to the color of the inflorescence of the host plant) and non-camouflaged (white) were produced, both were exposed in three species of host plants with inflorescences of different colors (pink, yellow and green); the attack rate over time by visually oriented predators was quantified. The experiments were conducted in two consecutive years, previously (2021) and later (2022) to the last fire event in the study area. The results revealed a higher predation rate in non-camouflaged artificial caterpillars when compared to those camouflaged in the area before the fire. However, there was no difference in the predation rate between camouflaged and non-camouflaged models in the burnt area. The low occurrence of predation in camouflaged caterpillar models highlights the importance of coloration acquisition in immature *R. marius* as a defense against predators. However, fire can negatively affect this defense mechanism by making caterpillars more apparent in their substrates and, therefore, more evident to predators.

Keywords: Cerrado, defense mechanism, visual cues, polymorphism, wildfires.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1 Área de Estudo	12
2.2 Espécies	13
2.3 Coleta de dados	14
2.4 Análise de dados	16
3. RESULTADOS	17
4. DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÃO	23
6. REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

A coloração animal, ao longo do tempo evolutivo, demonstrou-se uma eficiente estratégia de sobrevivência para diversos organismos (BATES, 1862; WALLACE, 1889; WALTON; STEVENS, 2018). O aposematismo e a camuflagem, por exemplo, fornecem modelos que corroboram a teoria da seleção natural como um mecanismo efetivo de evolução através das estratégias de defesa (CHENG et al., 2018; POULTON, 1890;). No caso do aposematismo, a coloração é uma das formas de alerta e permite que os predadores a associem a imagem aposemática (i.e. combinação de cores como preto, vermelho, laranja, cores conspícuas) como um sinal de gosto impalatável ou toxicidade da presa (COTT, 1940; MERILAITA; TULLBERG, 2005). Em contrapartida, a camuflagem é uma estratégia de defesa usada pelos animais para impedir a sua identificação por predadores visualmente orientados, assemelhando-se com o pano-de-fundo ambiental em que se encontram (EDMUNDS, 1974; NOKELAINEN et al., 2019; STEVENS; MERILAITA, 2009).

A camuflagem é uma estratégia amplamente usada pelos insetos (FUENTE et al. 2012). Em Lepidoptera, diversas espécies tanto de formas adultas quanto de imaturos utilizam a coloração críptica (KANG et al. 2014). Por exemplo, algumas lagartas podem adquirir coloração semelhante a planta hospedeira e serem confundidas com partes vegetais e assim, diminuir sua predação (GREENEY; DYER; SMILANICH, 2012). Os mecanismos pelos quais as larvas de lepidópteros podem mudar sua coloração são diversos. Algumas espécies podem utilizar estímulos ambientais, tais como a intensidade da luz, refletância e coloração do ambiente (TROSCIANKO et al., 2009). Grayson & Edmunds (1989), demonstraram que a coloração dos estágios larvais de *Laothoe populi* são determinadas pela percepção do imaturo em relação a intensidade da luz refletida da folha da sua planta hospedeira. Os autores observaram que substratos de coloração branca provocam o desenvolvimento de lagartas brancas, enquanto que substratos pretos, cinzas ou verdes provocam o desenvolvimento de

larvas amarelo-esverdeadas (EDMUNDS; GRAYSON, 1991). Além disso, é comumente relatado na literatura a capacidade que algumas lagartas possuem de absorver a pigmentação das plantas por meio da dieta e, desta forma, assimilarem a coloração da espécie vegetal (GREENE, 1989; NOOR; PARNELL; GRANT, 2008). Por exemplo, na família de borboletas Lycaenidae, o imaturo polífago do gênero *Rekoa* é capaz de assumir a coloração do botão floral que se alimenta. Tal estratégia sugere que a espécie de licenídeo em questão, pode ajustar sua coloração na fase larval e permanecer camuflado em suas diversas plantas hospedeiras de acordo com o espectro de cores da mesma (MONTEIRO, 2000).

Perturbações ambientais também podem ter influência na camuflagem como mecanismo de defesa contra predação, uma das respostas à essas influências externas é a seleção natural de presas não adaptadas (PROTAS; PATEL, 2008; REZNICK; GHALAMBOR, 2001). Um dos exemplos mais clássicos na literatura é a seleção direcional de *Biston betularia* estimulada pelo aumento da poluição durante a Revolução Industrial (CLARKE; MANI; WYNNE, 1985; GRANT; OWEN; CLARKE, 1996; KETTLEWELL, 1958). De acordo com Kettlewell (1973), locais mais poluídos onde o tronco das árvores foi escurecido ao longo do tempo, favoreceram a predação de mariposas de coloração clara ao passo que aumentou a sobrevivência de mariposas de cores escuras que passaram a ficar camufladas nos troncos.

Assim como os poluentes industriais, incêndios florestais também podem exemplificar como as perturbações ambientais podem ter efeito na camuflagem e seleção natural de presas (A. KILTIE, 1989; LILLYWHITE; FRIEDMAN; FORD, 1977). Essas interferências ocorrem devido ao fogo alterar toda a dinâmica e estrutura dos ecossistemas, desde a disponibilidade de recursos, redução da complexidade dos habitats com aumento da exposição das presas aos predadores, até alterações bióticas como diminuição de parasitas e predadores; com consequência para sobrevivência, reprodução e interações ecológicas (PAUSAS; PARR, 2018). Forsman et al. (2011) indica em seu trabalho, a rápida microevolução adaptativa referente a

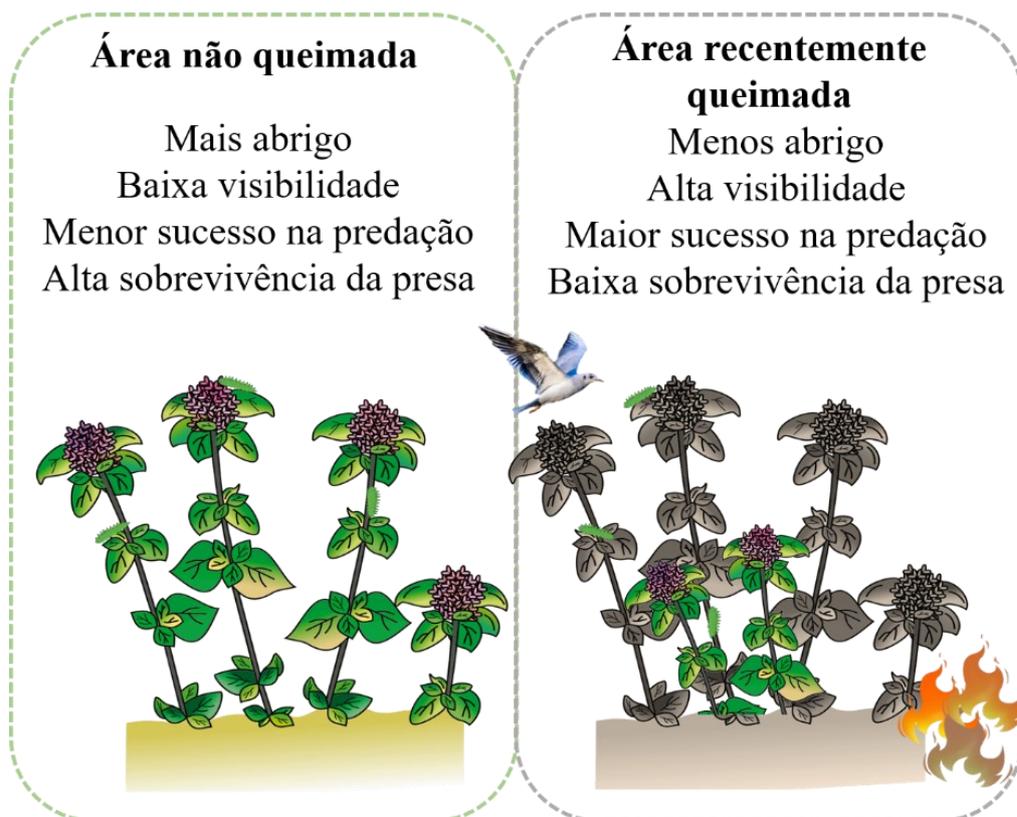
seleção direcional de fenótipos pretos ou escuros de indivíduos de uma população de gafanhotos-pigmeus polimórficos em uma área recentemente devastada pelo fogo. Isso acontece uma vez que as queimadas modificam a coloração dos substratos e impactam diretamente na camuflagem de animais que se tornam mais conspícuos e vulneráveis para predadores visualmente orientados (KARPESTAM; MERILAITA; FORSMAN, 2012; LEAHY et al., 2015; VIANA, 2019; Fig. 1).

As queimadas são muito presentes no Cerrado, são consideradas um fenômeno natural desse bioma nos períodos de estiagem por causa da grande biomassa de vegetação seca que favorece a ação do fogo (MIRANDA et al., 2009). Além disso, as ações antrópicas motivadas pela expansão da agropecuária, também são responsáveis pelo aumento do regime de incêndios no bioma (KLINK; MACHADO, 2005). Diversos autores sugerem que queimadas esporádicas são benéficas para insetos herbívoros, devido ao aumento da disponibilidade de recursos ocasionado pelo processo de rebrota pós-fogo, uma vez que favorece a regeneração de plantas arbustivas e arbóreas (DINIZ; MORAIS, 2016; LEPESQUEUR; MORAIS; DINIZ, 2012). No entanto, nota-se na literatura a existência de muitas controvérsias acerca dos impactos do fogo na biodiversidade local (DE ARRUDA et al., 2018; KLINK et al., 2020; MISTRY, 1998), e pouco se sabe a respeito do impacto nas interações ecológicas, tais como a predação.

A Reserva Ecológica de Cerrado do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia (CCPIU), foi afetada recentemente pelo fogo durante a estação seca; é possível notar uma alta regeneração de plantas arbustivas cerca de cinco meses após uma queimada acidental na área. Nesse contexto, considerando que a área atingida pelo fogo abriga uma ampla diversidade de plantas que são utilizadas na dieta de lagartas da família Lycaenidae, das quais *Rekoa marius* se apresenta como a espécie florívora mais abundante (BACHTOLD, 2014), o presente estudo tem como objetivo investigar se a camuflagem em lagartas de *R. marius* é uma estratégia de defesa eficiente contra a predação por animais orientados visualmente e se as queimadas tem

impacto na camuflagem e predação dessas lagartas. Para tanto, pretende-se elucidar as seguintes perguntas: (i) A camuflagem diminui a predação das larvas *R. marius*? e (ii) quais os efeitos do fogo na camuflagem e predação desses imaturos? Hipotetizamos que (i) a camuflagem é uma estratégia efetiva contra a predação das larvas de *R. marius*, uma vez que ao adquirir coloração semelhante a inflorescência da planta hospedeira a lagarta se torna indistinta do ambiente que a cerca (MONTEIRO, 2000), o que prejudica a ação de predadores que são orientados pela visão; Mas, (ii) que no ambiente pós-queimada a camuflagem não seja efetiva contra predadores, devido a conspicuidade dos imaturos no novo padrão de coloração dos substratos remanescentes (Fig.1).

Figura 1. Representação de como o fogo influencia o comportamento de predadores e presas, e suas interações.



2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 *Área de Estudo*

O estudo foi realizado na Reserva Ecológica de Cerrado do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia – CCPIU, na cidade de Uberlândia, MG, Brasil (18°59'S, 48°17'W). A região é caracterizada por ser uma área de Cerrado com duas estações bem definidas, sendo o verão chuvoso (Outubro-Abril) e o inverno seco (Maio-Setembro). O trabalho foi realizado em dois períodos diferentes, Janeiro a Maio dos anos de 2021 e 2022, que correspondem intervalos antes e após um evento de queimada acidental ocorrido no final da estação seca em Setembro de 2021. Ainda, a escolha dos meses de coleta foi referente ao período reprodutivo das espécies das plantas hospedeiras em estudo. A vegetação da área de estudo é composta principalmente por arbustos, gramíneas e árvores isoladas (Fig. 2a). Após o evento de queimada a vegetação do local apresentou uma fisionomia mais aberta com o favorecimento de vegetação rasteira, a remoção da serapilheira existente com a exposição do solo, redução substancial de tecidos aéreos com emissão de pequenas rebrotas e presença de cinzas e fuligens depositadas no material lenhoso, responsáveis pela mudança da coloração geral do ambiente (Fig. 2b).

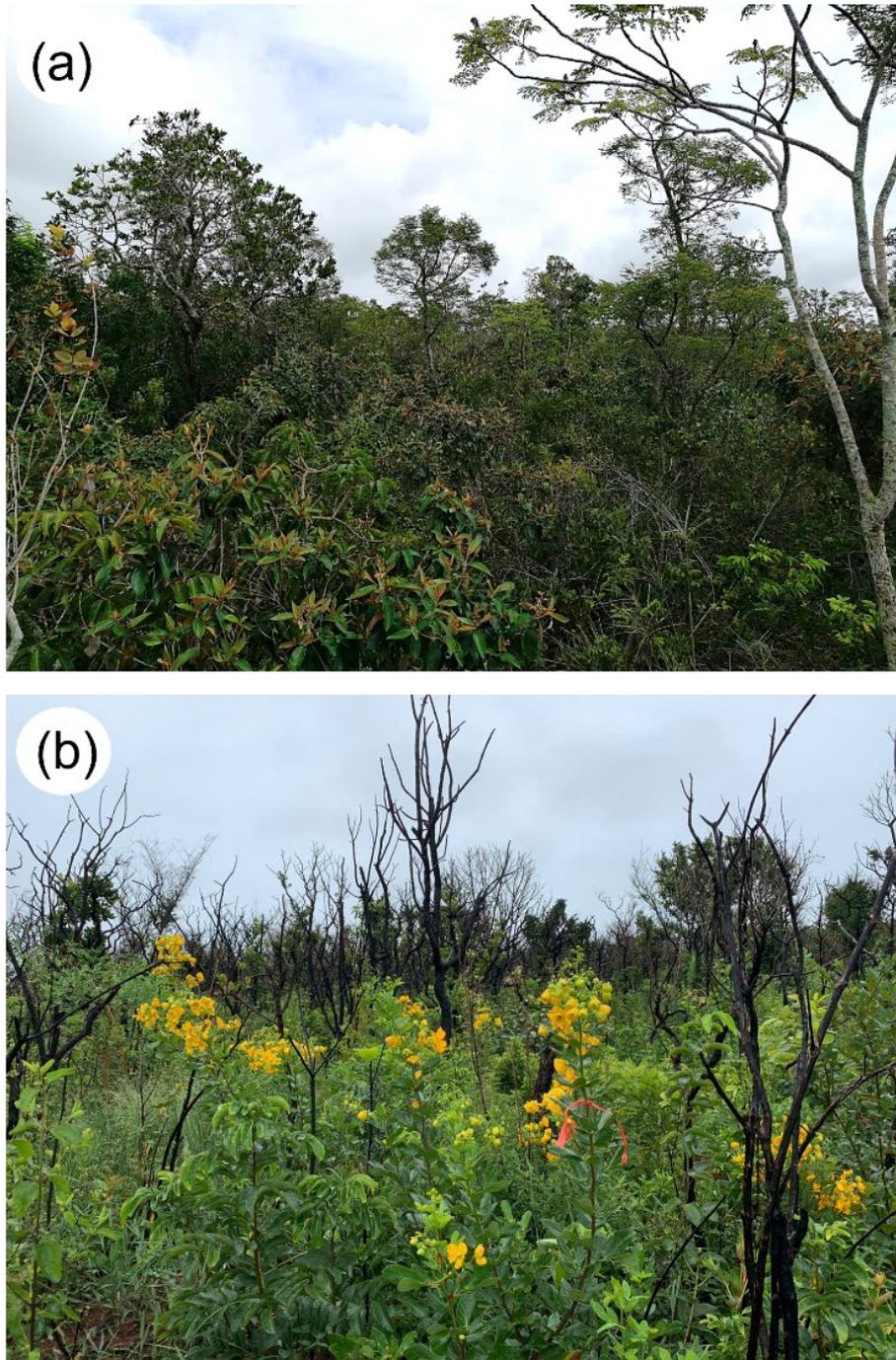


Figura 2. Reserva Ecológica de Cerrado do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia – CCPIU, na cidade de Uberlândia, MG, Brasil (18°59’S, 48°17’W). Registros da área antes da queimada em 2021 (a) e cerca de seis meses após o fogo em 2022 (b)

2.2 Espécies

Plantas das famílias Malpighiaceae e Fabaceae são facilmente encontradas no cerrado (TOREZAN-SILINGARDI, 2007). A espécie *Heteropterys peteropetala* (Malpighiaceae) é um arbusto que apresenta NEF’s na base foliar; possuem inflorescências de coloração rosa que se

destaca sobre a vegetação verde, com estação reprodutiva entre Janeiro e Março (RÉU, 2005). A espécie vegetal *Senna rugosa* (Fabaceae) é uma planta arbustiva ou subarbustiva, também apresenta NEFs na base de suas folhas compostas, e possuem flores heteromórficas com pétalas amarelas; seu período reprodutivo corresponde de Janeiro a Abril (SOUZA & SILVA, 2016). A espécie *Banisteriopsis malifolia* (Malpighiaceae), uma das mais abundantes no local de estudo, é caracterizada pelo seu aspecto arbustivo e pela presença de nectários extraflorais (NEF's) em sua base próximo aos pecíolos das folhas; as flores formadas por cinco pétalas, possuem coloração rosa claro, e seu período reprodutivo tem início em Fevereiro, com picos de reprodução em Abril e Maio (ALVES-SILVA, 2011).

Todas as espécies de plantas supracitadas são hospedeiras do licenídeo *Rekoa marius* (Lepidoptera: Lycaenidae), que possui ampla dieta na vegetação do cerrado, em seu estágio larval se alimenta das partes florais da planta hospedeira, como botões, pétalas e sépalas. Outra intrigante característica de *R. marius* é a presença do órgão nectarífero dorsal (DNO), que é responsável pela atração de diversas formigas, especialmente do gênero *Camponotus* (MONTEIRO, 2000; BÄCHTOLD, 2014; Fig. 3.).



Figura 3. Larvas de *R. marius* em *H. pteropetala* (a), *S. rugosa* (b) e *B. malifolia* (c). Foto: Isamara Silva.

2.3 Coleta de dados

Para avaliar a eficácia da camuflagem das lagartas de *R. marius* contra a predação, foram utilizadas três espécies de planta: *H. pteropetala* (n=30), *S. rugosa* (n=30) e *B. malifolia* (n=30). As plantas foram selecionadas aleatoriamente com distância mínima de 5m entre os indivíduos,

com tamanho e fenologia similares (i.e. presença de botões florais). A manipulação experimental consistiu em representar o licenideo *R. marius* utilizando modelos padronizadas feitas com massa de Plastilina não tóxicas (marca Acrilex) compostas por ceras e pigmentos (rosa, amarelo e esverdeado), e sem pigmentação (branco) prensadas em um molde 3D (Fig. 3). O molde da lagarta foi projetado no software de CAD (*Computer Aided Design*) Dassault Systèmes Catia V5, e fabricado via manufatura aditiva (impressão 3D) em polímero PLA (Ácido Polilático); produzido a partir da forma e tamanho real das lagartas de quarto ínstar. Para as três espécies de plantas, foi colocado em cada indivíduo um modelo camuflado e um modelo não camuflado fixados por cola instantânea (marca Tekbond). O camuflado representou a cor correspondente das flores e botões florais de cada espécie vegetal (**controle**) em uma inflorescência: amarelo para a *S. rugosa*, rosa para *H. pteropetala* e verde para *B. malifolia*; e o modelo não camuflado foi representado pela cor branca e colocado em outra inflorescência (**tratamento**). A metodologia utilizada no estudo foi a mesma para os dois períodos de realização do trabalho, com uma única diferença no número de indivíduos de *H. pteropetala* (n=15) referentes a coleta anterior a queimada devido a sua escassez em campo. Dessa forma, um total de 330 modelos foram utilizados, dentre os quais 60 de cor amarela, 45 modelos rosas, 60 verdes e 165 brancas.

Após 48h as massinhas foram recolhidas das plantas e a predação foi identificada pela ausência dos modelos ou por marcas encontradas na superfície das lagartas artificiais. A união entre fatores como vestígios característicos de bicos ou aparelhos mandibulares de insetos e o monitoramento diurno *ad libitum* das plantas hospedeiras levaram a classificação dos possíveis predadores. O método utilizado foi adaptado da metodologia de Dáttilo et al. (2016).

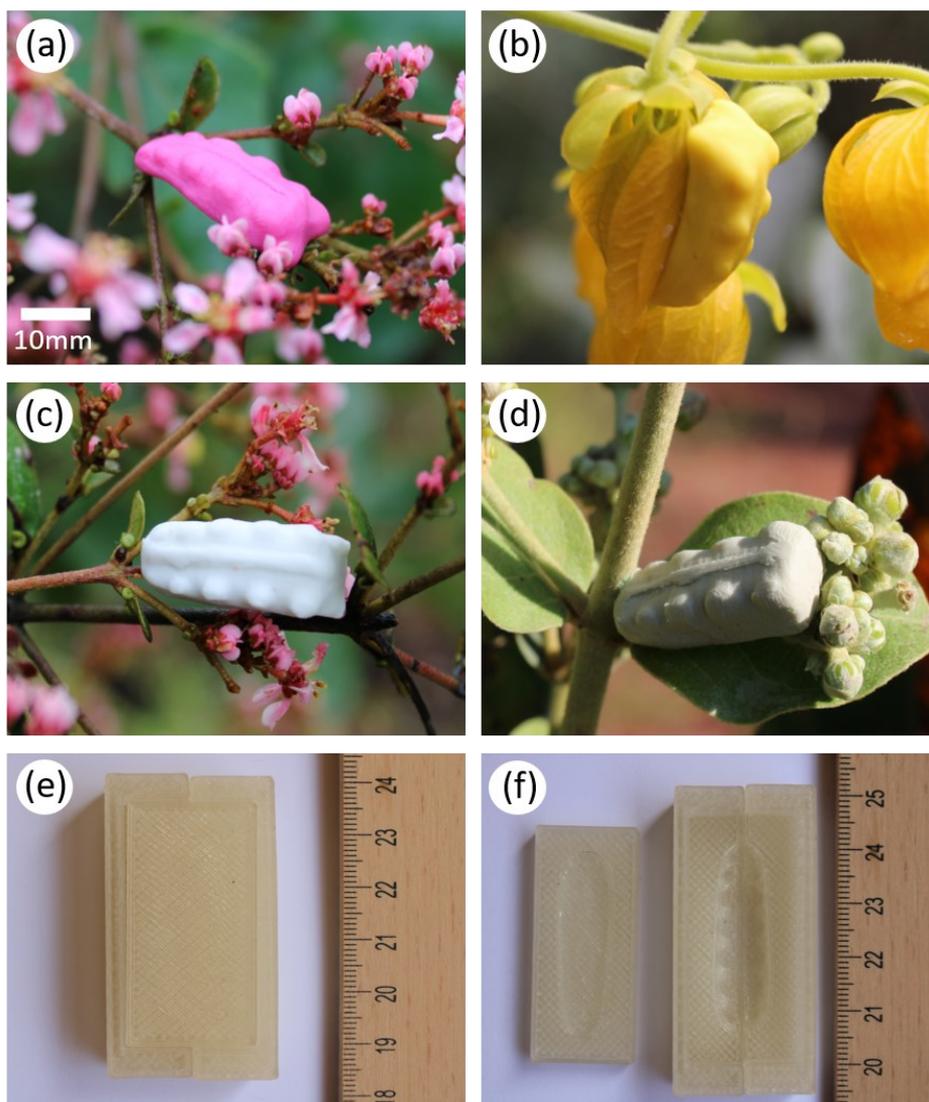


Figura 4. Modelos de massa de plastilina do licenídeo *R. marius* em *H. peteropetala* (a) e (c), *S. rugosa* (b) e *B. malifolia* (d). Moldes 3D usado para a produção de lagartas artificiais (E) e (F). Foto: Isamara Silva.

2.4 Análise de dados

Para testar se houve diferença ou não na quantidade de ataques entre os modelos de lagarta camuflado e não camuflado (variável dummy: predou = 1, não predou = 0) entre as espécies de plantas, foi realizado um Modelo Linear Generalizado Misto (GLMM) com distribuição Binominal. A predação nos moldes (se predou ou não predou) foi ajustado como variável resposta, e os tratamentos e controles (camuflado ou não camuflado) foi usado como variável explicativa. As comparações pareadas foram feitas com EMMs. A mesma análise foi

usada para testar os experimentos na área pré e pós fogo. Por fim, para avaliar se houve diferença na taxa de predação entre as áreas pré e pós queimada, foi usado o teste t. Todos os testes foram conduzidos utilizando o *software* R Development Core Team (2020), com $p > 0,05$ de significância.

3. RESULTADOS

Foi observado diferença significativa na predação dos modelos camuflados e não camuflados entre as três espécies de plantas hospedeiras na área anterior a queimada (GLMM: $\chi^2 = 18.835$, $p < 0.01$; Fig. 5a). De modo geral, os modelos de lagartas brancas apresentaram maior taxa de predação (23%; $n=35$), enquanto os modelos de lagartas rosas, verdes e amarelas, apresentaram menor taxa de ataque (7,3%; $n=11$). Adicionalmente, não houve diferença significativa na predação entre os modelos camuflados e não camuflados para as três espécies vegetais na área posterior a queimada (GLMM: $\chi^2 = 6.2916$, $p = 0.27$; Fig. 5b); apenas 7,2% ($n=13$) dos modelos não camuflados e 3,8% ($n=7$) dos modelos camuflados foram predados.

Não houve diferença significativa na taxa de predação dos modelos de lagartas entre as áreas antes e posterior a queimada (Teste t = 2.097, $p = 0.07$), embora uma redução no índice de ataques possa ser observada; tendo 28,60% de predação na área antes da queimada e 11,1% de predação na área afetada pelo fogo.

Foram observados nos modelos de lagartas marcas deixadas por aves, vespas, formigas, aranhas e louva-a-deus (Fig. 5) (Fig. 6). Considerando todos os grupos de lagartas, as vespas foram responsáveis pela maior taxa de predação, 58,1% ($n = 25$); seguida de formigas, 30,2% ($n = 13$); louva-a-deus, 6,9% ($n = 3$); e aves, 4,6% ($n = 2$).

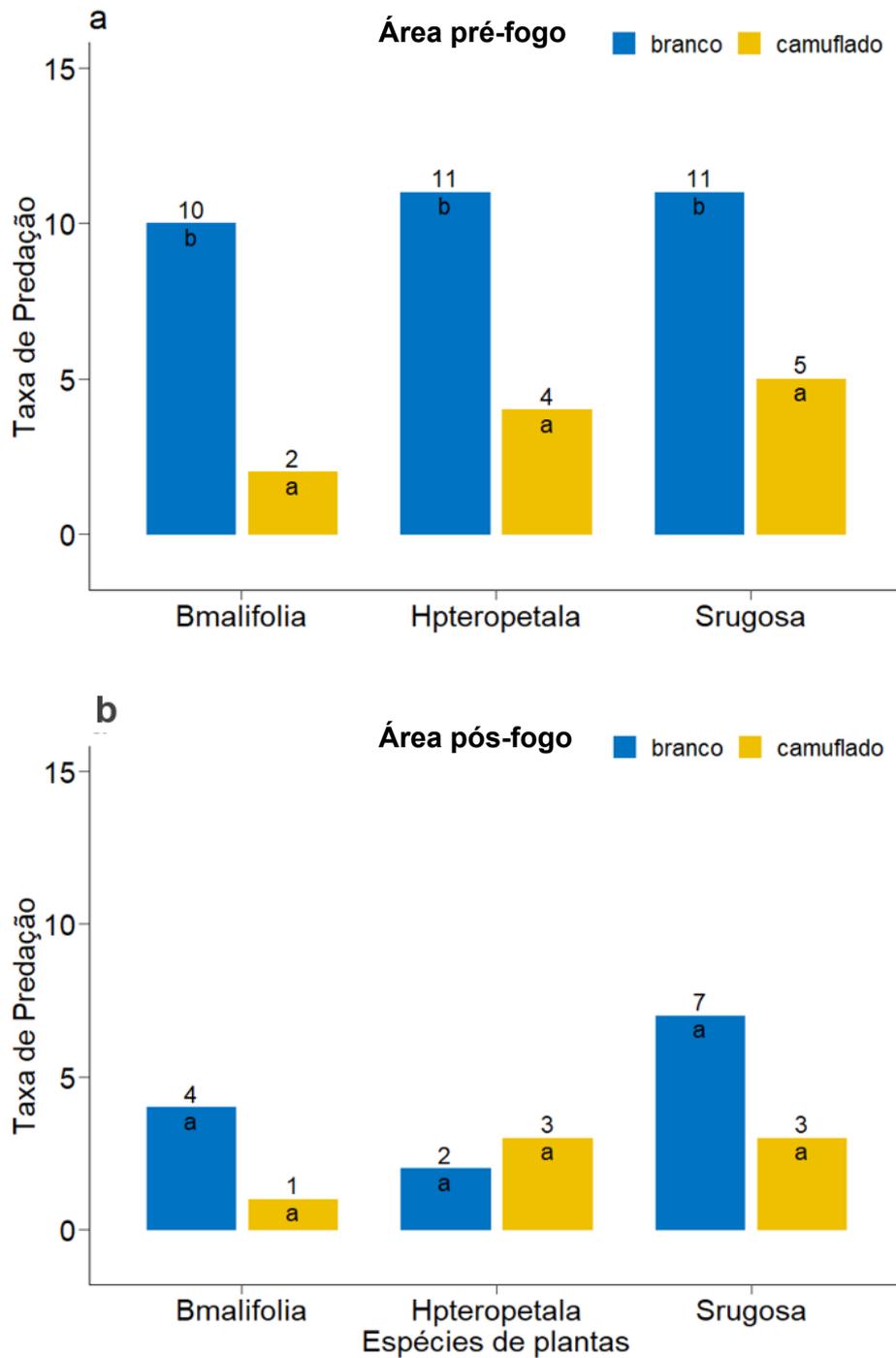


Figura 5. Número de modelos camuflados (amarelo) e não camuflados (azul) com sinais de predação nas plantas *B. malifolia*, *H. pteropetala* e *S. rugosa*, respectivamente. A figura “a” mostra dados de predação na área anterior a queimada (GLMM: $\chi^2 = 18.835$, $p < 0.01$). A figura “b” mostra dados de predação na área afetada pelo fogo (GLMM: $\chi^2 = 6.2916$, $p = 0.27$). Letras (a, b) nas barras representam diferenças estatística entre os grupos. Os números acima da barra representam a quantidade de modelos com marcas de predação

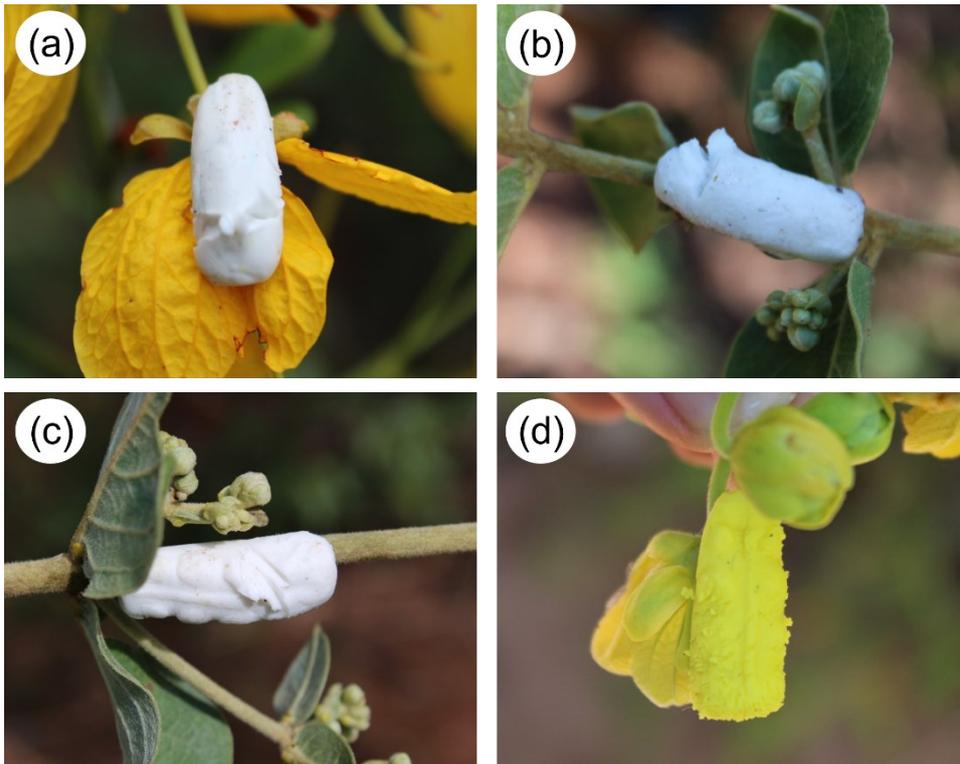


Figura 6. Marcas registradas em modelos de lagartas deixadas por aves (a) e (b), himenópteros (c) e louva-a-deus (d).

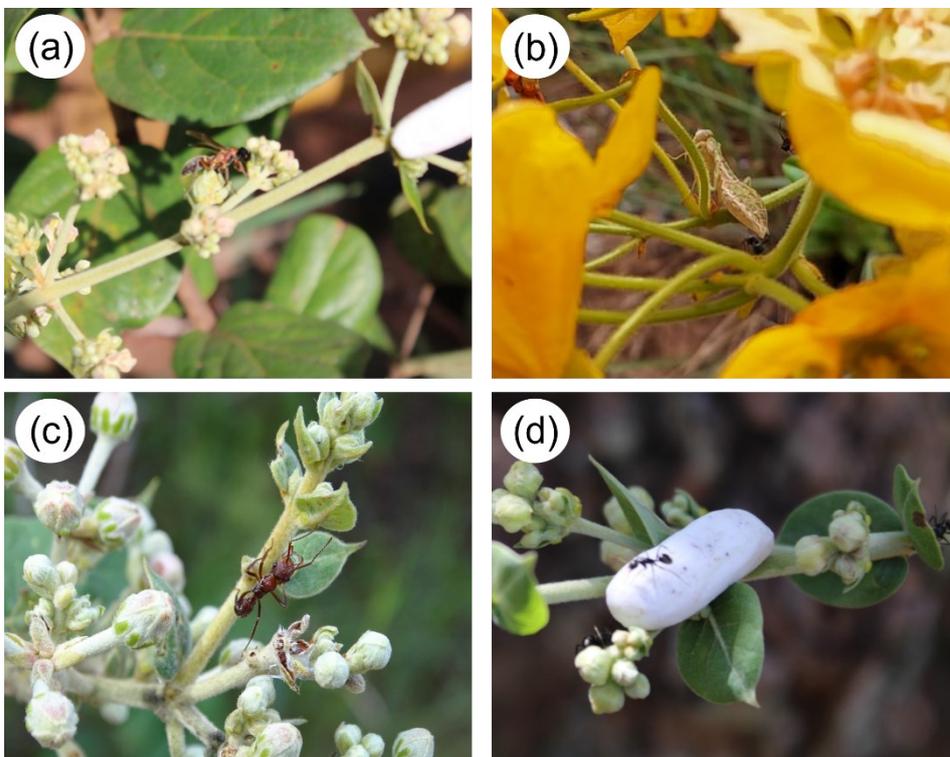


Figura 7. Possíveis predadores observados em campo, sendo vespa em (A), louva-a-deus em (B) e formigas em (C) e (D).

4. DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos, nossas hipóteses foram corroboradas. A coloração em lagartas de *R. marius* é uma estratégia de defesa eficiente contra a predação por animais orientados visualmente. Entretanto, a queimada afeta negativamente a camuflagem dessas lagartas, tornando-as conspícuas em seus substratos, e assim, mais evidentes aos predadores.

A maior taxa de predação observada em lagartas não camufladas (brancas) nas três espécies de plantas na área anterior ao fogo, evidencia a importância da aquisição da coloração em *R. marius* como defesa contra predadores. Segundo Smith & Ruxton (2020), a predação visual é um dos principais fatores seletivos para a evolução de caracteres específicos como padrões de coloração crípticos, de advertência e camuflagem. Esse tipo de predação pode ser influenciado por fatores ambientais, ecológicos e comportamentais que envolvam o predador e sua acuidade visual (BARNETT & CUTHILL, 2014). Por exemplo, um estudo com a lagarta aposemática da mariposa *Tyria jacobaeae*, demonstrou que mesmo que a coloração dessa lagarta seja saliente observada de perto, quando vista a uma distância maior pelo predador as cores se camuflam com o plano de fundo (BARNETT et al., 2018). Sabendo que mesmo lagartas aposemáticas se tornam camufladas a uma certa distância para seus predadores, somado aos resultados encontrados em nossos experimentos, é possível afirmar lagartas de *R. marius* utilizam da camuflagem como mecanismo defensivo contra predadores visualmente orientados.

O reconhecimento e detecção de presas, ainda que somente considerado o fator visual, podem diferir-se significativamente entre os predadores (THÉRY & GOMES, 2010). Fatores como as estruturas visuais, percepção espacial ou até mesmo as múltiplas formas de interpretações dos formatos, cores e texturas das presas podem implicar maiores dificuldades ou facilidades em reconhecer as presas (EDMUNDS & GRAYSON, 1989; LIM & BEN-YAKIR, 2020). Nesse contexto, de acordo com os resultados encontrados nos experimentos, podemos inferir que a coloração e maior reflectância do modelo branco pode ser considerada

uma das pistas visuais que facilitaram o encontro de determinados grupos de predadores com os modelos. Por outro lado, os tratamentos visualmente camuflados impediram a fácil detecção das lagartas pelos predadores, sendo, portanto, menos encontradas e conseqüentemente predadas.

A fonte do comportamento policromático em larvas de *R. marius* foi demonstrado pela primeira vez por Monteiro (2000) que indicou a existência de policromatismo em *R. marius* através da mudança da sua dieta, composta de botões florais de diversas colorações, que refletiam, posteriormente, na coloração da larva. A aquisição da coloração através da alimentação, assim como a utilização da camuflagem como mecanismo de defesa contra predação são amplamente conhecidas no grupo Lepidoptera (EDMUNDS & GRAYSON, 1991; GREENE, 1996; LICHTER-MARCK et al., 2015; BARNETT et al., 2018). Tendo em vista as diferentes adaptações defensivas que lagartas da família Lycaenidae apresentam e com base nos resultados obtido neste estudo é possível sugerir que a camuflagem visual seja a primeira linha de defesa contra predação utilizada por esse grupo. Entre as diferentes estratégias anti-predação presentes nos licenídeos (PIERCE, 1989; BARBERO et al., 2016; CASACCI et al., 2019) a mirmecofilia é uma das principais estudadas para o grupo (PIERCE, 2002). Um estudo realizado por Dáttilo et. al (2016) demonstra que predadores orientados visualmente conseguem reconhecer objetos que lembram o formato de formigas e assim, evitam predação de modelos artificiais de lagartas com formigas associadas. Todavia, na natureza as lagartas não são atendidas por formigas ininterruptamente, de modo que na ausência de formigas próximo as larvas, a camuflagem visual talvez seja o principal mecanismo defensivo contra predadores guiados visualmente.

Ao contrário das áreas anteriores a queimada, os locais que sofreram pelo incêndio acidental apresentaram grandes similaridades entre as taxas de predação de modelos camuflados e não camuflados. A partir disso, é possível inferir que o novo padrão de coloração

dos substratos pós-fogo, que se tornou mais escurecido e acinzentado, pode ter afetado a camuflagem das lagartas artificiais. Karpestam et al (2012), demonstram que a taxa de detecção de gafanhotos de cores pretas foi de três a quatro vezes menor em ambientes com maior porcentagem de queima sugerindo que a mudança da fenologia de ambientes pós-queimadas favorece a camuflagem de cores e padrões escurecidos transformando a dinâmica de coloração críptica pré-existente.

Além disso, ao relacionar as taxas de predação totais da área anterior e posterior ao incêndio acidental, é possível notar a redução considerável da predação da área pós queimada. Nesse sentido, Doherty et al. (2022), afirma que o fogo pode afetar o predador de maneira a fortalecer ou enfraquecer os seus efeitos sobre o comportamento de comunidades e presas. Por um lado, áreas recentemente queimadas podem atrair predadores que possuem determinados hábitos alimentares ou comportamentos de caça aumentando a taxa de predação. E por outro lado, o fogo atua negativamente sobre os predadores afetando sua própria sobrevivência o que diminui a taxa de predação, como observado nos resultados apresentados.

Nosso estudo demonstrou experimentalmente como a coloração adquirida na alimentação é importante para a sobrevivência das larvas de *R. marius* no ambiente, estágio de vida em que são mais vulneráveis à ação de predadores. Por outro lado, mostramos como as queimadas em áreas remanescentes podem afetar a camuflagem de *R. marius* e a interação presa-predador, por meio de mudanças na estrutura da vegetação, aumentando a exposição das lagartas aos predadores. Entender como o fogo pode interferir nos mecanismos de defesa da presa contribui para a compreensão de como as queimadas influenciam o comportamento e a dinâmica de populações de presas e predadores, principalmente para táxons de invertebrados, os quais são muito abundantes e pouco estudados neste contexto (GEARY et al., 2020; DOHERTY et al., 2022).

5. CONCLUSÃO

Em resumo, este estudo revela a importância da camuflagem visual em lagartas de *R. marius* contra predadores. Estudos nessa vertente são necessários uma vez que elucidam a importância desse mecanismo de defesa no processo evolutivo de características polimórficas em larvas, o que juntamente com outras adaptações contribuiu para que a família Lycaenidae seja uma das mais ricas de borboletas (PIERCE et al., 2002). Além disso, nosso estudo elucidou como as queimadas podem afetar na camuflagem da larva de *R. marius*, e possivelmente em sua sobrevivência no meio ambiente. Tais perturbações, como essa ocasionada pelo fogo, podem modificar ao longo do tempo as interações entre predador-presa.

6. REFERÊNCIAS

- A. KILTIE, R. WILDFIRE AND THE EVOLUTION OF DORSAL MELANISM IN FOX SQUIRRELS, *SCIURUS NIGER*. **Journal of Mammalogy**, v. 70, n. 4, p. 726–739, 1989.
- BARNETT, J. B.; CUTHILL, I. C.; SCOTT-SAMUEL, N. E. Distance-dependent aposematism and camouflage in the cinnabar moth caterpillar (*Tyria jacobaeae*, erebidae). **Royal Society Open Science**, v. 5, n. 2, 2018.
- BARNETT, J. B.; CUTHILL, I. Distance-dependent defensive coloration. *Current Biology*, 24, 1157-1158, 2014.
- BATES H.W. Contributions to an insect fauna of the Amazon valley, Lepidoptera: Heliconidae. *Transactions of the Linnean Society of London* 23: 495–566, 1862.
- CHENG, W. et al. Dark butterflies camouflaged from predation in dark tropical forest understories. **Ecological Entomology**, v. 43, n. 3, p. 304–309, 2018.
- CLARKE, C. A.; MANI, G. S.; WYNNE, G. Evolution in reverse: clean air and the peppered moth. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 26, n. 2, p. 189–199, 1 out. 1985.
- COTT, H. B. **Adaptive Coloration in Animals**. London: Methuen & Co., 1940. v. 24
- DÁTTILO, W. et al. Trait-mediated indirect interactions of ant shape on the attack of caterpillars and fruits. **Biology Letters**, v. 12, n. 8, 2016.
- DE ARRUDA, F. V. et al. Trends and gaps of the scientific literature about the effects of fire on brazilian cerrado. **Biota Neotropica**, v. 18, n. 1, p. 1–6, 2018.
- DINIZ, A. L. R.; MORAIS, H. C. Efeito Do Fogo Na Abundância De Insetos Do Cerrado: O Que Sabemos? **Heringeriana**, v. 2, n. 1, p. 39–46, 2016.
- DOHERTY, T. S. et al. Fire as a driver and mediator of predator–prey interactions. **Biological Reviews**, v. 97, p. 1539–1558, 2022.

- EDMUNDS, M. **Defence in Animals: A Survey of Anti-Predator Defences**. Burnt Mill [Angleterre]: Longman, 1974.
- EDMUNDS, M.; GRAYSON, J. Camouflage and selective predation in caterpillars of the poplar and eyed hawkmoths (*Laothoe populi* and *Smerinthus ocellata*). **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 42, n. 4, p. 467–480, 1991.
- FUENTE, R. P., DELCLÒS, X., PEÑALVER, E., SPERANZA, M., WIERZCHOS, J., ASCASO, C. & ENGEL, M. S. Early Evolution and ecology of camouflage in insects. **Biological sciences**, 109 (52), 21414-21419p., 2012.
- GEARY, W. L., DOHERTY, T. S., NIMMO, D. G., TULLOCH, A. I. T. & RITCHIE, E. G. Predator responses to fire: a global systematic review and meta-analysis. *Journal of Animal Ecology*, 89, 955-971p, 2020.
- GRANT, B. S.; OWEN, D. F.; CLARKE, C. A. Parallel Rise and Fall of Melanic Peppered Moths in America and Britain. **Journal of Heredity**, v. 87, n. 5, p. 351–357, 1 set. 1996.
- GREENE, E. A diet-induced developmental polymorphism in a caterpillar. **Science**, v. 243, n. 4891, p. 643–646, 1989.
- GREENEY, H. F.; DYER, L. A.; SMILANICH, A. M. Feeding by lepidopteran larvae is dangerous: A review of caterpillars' chemical, physiological, morphological, and behavioral defenses against natural enemies. **Invertebrate Survival Journal**, v. 9, n. 1, p. 7–34, 2012.
- KANG, C. et al. Camouflage through behavior in moths: The role of background matching and disruptive coloration. **Behavioral Ecology**, v. 26, n. 1, p. 45–54, 2015.
- KARPESTAM, E.; MERILAITA, S.; FORSMAN, A. Reduced predation risk for melanistic pygmy grasshoppers in post-fire environments. **Ecology and Evolution**, v. 2, n. 9, p. 2204–2212, 2012.
- KETTLEWELL, H. B. D. A survey of the frequencies of *Biston betularia* (L.) (Lep.) and its melanistic forms in Great Britain. **Heredity** 1958 12:1, v. 12, n. 1, p. 51–72, 1958.
- KLINK, C. A. et al. The role of vegetation on the dynamics of water and fire in the cerrado ecosystems: Implications for management and conservation. **Plants**, v. 9, n. 12, p. 1–27, 2020.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707–713, 2005.
- LEAHY, L. et al. Amplified predation after fire suppresses rodent populations in Australia's tropical savannas. **Wildlife Research**, v. 42, n. 8, p. 705–716, 2015.
- LEPESQUEUR, C.; MORAIS, H. C.; DINIZ, I. R. Accidental fire in the cerrado: Its impact on communities of caterpillars on two species of *erythroxylum*. **Psyche (London)**, v. 2012, 2012.
- LILLYWHITE, H. B.; FRIEDMAN, G.; FORD, N. Color Matching and Perch Selection by Lizards in Recently Burned Chaparral. **Copeia**, v. 1977, n. 1, p. 115–121, 1977.
- MERILAITA, S.; TULLBERG, B. S. Constrained camouflage facilitates the evolution of conspicuous warning coloration. **Evolution**, v. 59, n. 1, p. 38–45, 2005.
- MIRANDA, H. S. et al. Fires in the cerrado, the Brazilian savanna. **Tropical Fire Ecology**, v. 2, p. 427–450, 2009.
- MISTRY, J. Fire in the cerrado (savannas) of Brazil: An ecological review. **Progress in**

Physical Geography, v. 22, n. 4, p. 425–448, 1998.

MONTEIRO, RICARDO, F. Coloração críptica e padrão de uso de plantas hospedeiras em larvas de duas espécies mirmecófilas de *Rekoa Kaye* (Lepidoptera, Lycaenidae). **Oecologia Brasiliensis**, v. 8, p. 259–280, 2000.

NOKELAINEN, O. et al. Improved camouflage through ontogenetic colour change confers reduced detection risk in shore crabs. **Functional Ecology**, v. 33, n. 4, p. 654–669, 2019.

NOOR, M. A. F.; PARNELL, R. S.; GRANT, B. S. A reversible color polyphenism in american peppered moth (*Biston betularia cognataria*) caterpillars. **PLoS ONE**, v. 3, n. 9, 2008.

PAUSAS, J. G.; PARR, C. L. Towards an understanding of the evolutionary role of fire in animals. **Evolutionary Ecology**, v. 32, n. 2–3, p. 113–125, 2018.

POULTON, E. B. **The colours of animals, their meaning and use, especially considered in the case of insects**. London: Kegan Paul, Trench & Trubner, 1890.

PROTAS, M. E.; PATEL, N. H. Evolution of coloration patterns. **Annual Review of Cell and Developmental Biology**, v. 24, p. 425–446, 2008.

REZNICK, D. N.; GHALAMBOR, C. K. The population ecology of contemporary adaptations: What empirical studies reveal about the conditions that promote adaptive evolution. p. 183–198, 2001.

STEVENS, M.; MERILAITA, S. Animal camouflage: Current issues and new perspectives. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1516, p. 423–427, 2009.

TROSCIANKO, T. et al. **Camouflage and visual perception** **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2009.0201>>. Acesso em: 22 ago. 2021

VIANA, J. V. DE A. O lado escuro do pós-fogo: artrópodes selecionam substratos alterados por correspondência de fundo? 25 fev. 2019.

WALLACE, A. R. **Darwinism; an exposition of the theory of natural selection, with some of its applications**. London and New York: Macmillan and co, 1889.

WALTON, O. C.; STEVENS, M. Avian vision models and field experiments determine the survival value of peppered moth camouflage. **Communications Biology**, v. 1, n. 1, 2018.