UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS - RIO CLARO

ECOLOGIA

Cassio Santos Cazemiro

Efeitos da paisagem sobre a abundância e morfometria de *Apoica gelida* (Hymenoptera: Vespidae) na Mata Atlântica

Rio Claro- SP

2023

Cassio Santos Cazemiro

Efeitos da paisagem sobre a abundância e morfometria de *Apoica gelida* (Hymenoptera: Vespidae) na Mata Atlântica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", para obtenção do grau de Ecólogo.

Orientador: Professor. Dr Milton Cezar Ribeiro

Co-orientador: Jean Pablo Alves de Deus

Rio Claro - SP
2023

C386e

Cazemiro, Cassio Santos

Efeitos da paisagem sobre a abundância e morfometria de Apoica gelida (Hymenoptera: Vespidae) na Mata Atlântica / Cassio Santos Cazemiro. -- Rio Claro, 2023

50 p. : tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ecologia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: Milton Cezar Ribeiro

Coorientador: Jean Pablo Alves de Deus

1. Impacto. 2. Indicadores. 3. invertebrados. 4. perturbações. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro.
Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Cassio Santos Cazemiro

Efeitos da paisagem sobre a abundância e morfometria de *Apoica gelida* (Hymenoptera: Vespidae) na Mata Atlântica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", para obtenção do grau de Ecólogo.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Milton Cezar Ribeiro (Orientador)
Prof. Me. Jean Pablo Alves de Deus (coorientador)
Prof. Dra. Ana Cristina Vara Crestani
Prof. Dr. Augusto Florisvaldo Batisteli

Aprovado em: 08 de novembro de 2023

Assinatura do discente

Assinatura do(a) orientador(a)

Assinatura do(a) coorientador(a)

Agradecimento

Agradeço a minha mãe Zenilda Rosa Dos Santos Cazemiro, mesmo com o seu jeito bravo, sem o seus ensinamentos não seria metade do ser humano que me tornei, ao meu pai Antonio Dino Cazemiro, pelo apoio durante a minha vida acadêmica e além disso pelo ensinamento que devemos resolver tudo com calma.

Agradeço a minha irmã Camila Rosa dos Santos Cazemiro por ser a minha fonte de expiração e além disso sempre ser a minha maior amiga e meu amor eterno e obrigado pelo o apoio durante toda a minha vida e além disso pelo puxão de orelha quando necessário.

Gostaria de fazer uma citação especial a minha cachorra Madona pelo apoio emocional sempre que possível.

Agradeço aos meus amigos de faculdade Luiz Henrique (Luh), Isabela Sanches (Askov), Beatriz Maria (Bia), Mariana Machado (Mari) e a Juliana Angelo (Juh) mesmo sendo um grupo tão improvável de acontecer, acabamos se tornando um grupo onde tínhamos companhia seja nos momentos difíceis e nos momentos felizes. Muito obrigado por fazer parte da minha graduação :).

Agradeço ao meu orientador, o Professor Doutor Milton Cezar Ribeiro(“Miltinho”) pelo apoio e além disso por repassar todo o conhecimento possível para a elaboração do meu tcc e muito obrigado pela orientação durante toda a pesquisa.

Agradeço ao meu coorientador, o Doutorando Jean Pablo Alves de Deus, pois sem ele esse projeto nunca teria saído do papel, muito obrigado por toda a orientação, disponibilidade para sanar as minhas dúvidas e paciência durante a confecção deste trabalho e ajuda em momentos difíceis seja ele durante a escrita e especialmente nas análises.

Agradeço ao Laboratório de Ecologia Espacial e Conservação (LEEC) pela disponibilização da infraestrutura e apoio dos pesquisadores envolvidos.

Agradeço a todos os professores que me ajudaram durante a graduação, especialmente aqueles que elucidaram as minhas ideias durante as nossas conversas, o Professor Augusto Florisvaldo Batistili e a Professora Juliana Bento De Oliveira.

Gostaria de agradecer à Professora Maria Santina de Castro Morini pelo apoio na reta final do TCC, onde com o seu conhecimento me auxiliou nos retoques finais do trabalho.

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) - Identificação CNPQ-117568/2022-8)

Resumo

O desmatamento no Brasil tem provocado inúmeras consequências para a natureza, transformando grandes áreas florestais em pequenos fragmentos interrompidos por barreiras antrópicas e/ou naturais. Entre as principais causas da fragmentação podemos destacar o aumento do uso da terra, principalmente pela agricultura, no qual a utilização em massa de agrotóxicos tem levado à diminuição da diversidade de organismos sensíveis, como espécies de invertebrados. O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito de alterações na paisagem sobre a abundância de indivíduos, tamanho e formato da asa de *Apoica gelida* em uma área do bioma Mata Atlântica, utilizando como variáveis independentes cobertura vegetal, conectividade, quantidade de borda, altitude, distância da borda da floresta e heterogeneidade. A coleta de dados foi realizada em 19 paisagens na região de Poços de Caldas- MG, utilizando armadilhas luminosas dispostas no centro de cada paisagem (1km de raio). Padronizamos utilizar a asa anterior direita de 20 indivíduos da *A. gelida* por paisagem escolhidos de forma aleatória. A análise da paisagem foi realizada através do mapeamento do uso e cobertura do solo do projeto Mapbiomas, Durante os 12 meses de amostragem foram coletados 5.179 indivíduos pertencentes à *A. gelida* e obtivemos o total de 380 amostras de asas anterior direita. Em relação às paisagens, a maior abundância foi na paisagem 06, onde 714 indivíduos foram coletados; na paisagem 12, coletamos 635 indivíduos e por último na paisagem 08, 603 indivíduos foram coletados. As paisagens com menor abundância de espécimes foram paisagem 05, com 45 indivíduos, a 14 com 87 e por último a 15 com 98 indivíduos coletados. Em relação à influência da altitude sobre a *A. gelida*, a maior abundância foi registrada em 1.045 metros de altitude no qual obtivemos 714 indivíduos. Em relação a menor abundância ela foi registrada a 1053 metros no qual obtivemos somente 45 indivíduos.A maior abundância aconteceu antes de 1.100 metros de altitude. O formato das asas de *A. gelida* também foi influenciado pela estrutura da paisagem, através das métricas de cobertura vegetal, conectividade florestal e borda total. Portanto, podemos concluir que ocorre influência negativa do processo de fragmentação sobre a *A. gelida*.

Palavras-chave: **Impacto - Indicadores - invertebrados - perturbações**

SUMMARY

Deforestation in Brazil has caused numerous consequences for nature, transforming large forest areas into small fragments interrupted by anthropogenic and/or natural barriers. Among the main causes of fragmentation we can highlight the increase in land use, mainly by agriculture, in which the mass use of pesticides has led to a decrease in the diversity of sensitive organisms, such as invertebrate species. The objective of this work is to evaluate the effect of changes in the landscape on the abundance, size and shape of the wing of *Apoica gelida* (Hymenoptera: Vespidae) in an area of the Atlantic Forest biome. using the variable vegetation cover, Connectivity, Quantity of Edge, Altitude, Distance from the Forest Edge and heterogeneity. Data collection was carried out in 19 landscapes in the Poços de Caldas-MG region, using light traps placed in the center of each landscape (1km radius). The individuals belonging to *Apoica gelida* were stored in different pots, which included the month of collection, landscape and name of the species. The pot chosen for the counting process was placed on a tray, where the individuals were counted and in this way we obtained the abundance. Individuals belonging to the species *A. gelida* had their wing morphometry measured (average size, variance of size and shape). We standardized using the right anterior wing of 20 female individuals of *A. gelida* chosen at random across the landscape. The landscape analysis was carried out through mapping of land use and cover from the Mapbiomas project, which provides maps for all of Brazil, at a scale of 1:5000, and 30m pixels. During the 12 months of sampling, 5,179 individuals belonging to the species *A. gelida* were collected and we obtained a total of 380 samples of lower right wings. In relation to the landscapes where we obtained the greatest abundance, it was in landscape 06, where we had 714 individuals collected, in landscape 12 in which we collected 635 individuals and finally we have landscape 08 in which we had 603 individuals. As for the landscapes in which we obtained lower abundance, we can mention landscape 05 in which we had 45 individuals collected, landscape 14 in which we obtained 87 individuals and finally landscape 15 in which we obtained a total of 98 individuals collected. Regarding the influence of altitude on *A. gelida*, the highest abundance was recorded at 1045 meters of altitude, where we obtained 714 individuals. Regarding the lowest abundance, it was recorded at 1053 meters in which we obtained only 45 individuals. Observing the graph, we can see that the greatest abundance occurred before 1100 meters of altitude. The shape of *A. gelidas* wings was also influenced by the structure of the

landscape, through metrics of vegetation cover, forest connectivity and total edge. Therefore, we can conclude that there is a negative influence of the fragmentation process on *A. gelida*, even if preliminary, the results already point to these negative influences on its abundance and morphometry.

Keywords: Indicators - invertebrates - Impact - disturbances

Sumário

INTRODUÇÃO 11

OBJETIVO 15

HIPÓTESES 16

MATERIAL E MÉTODOS 19

RESULTADOS 27

DISCUSSÃO 31

CONSIDERAÇÕES FINAIS 34

REFERÊNCIAS: 35

APÊNDICE A – GRÁFICOS 40

INTRODUÇÃO

O desmatamento no mundo tem provocado inúmeras consequências para a natureza, transformando grandes áreas florestais em pequenos fragmentos interrompidos por barreiras antrópicas e/ou naturais(FAHRIG,2017).Entre as principais causas da fragmentação podemos destacar o aumento do uso da terra, principalmente pela agricultura e urbanização(GEIGER,2010).Esse tipo de degradação das paisagens tem levado à perda de habitats e diminuição da diversidade de organismos mais sensíveis, tal como espécies de invertebrados, que são mais afetados pela utilização em massa de agrotóxicos e perda de habitats adequados (GEIGER, 2010).

Entre as principais consequências relacionadas ao processo de fragmentação, estão o efeito de borda (MURCIA,1995), a perda de cobertura vegetal (JOHNSON, 2017) e a perda de conectividade entre fragmentos (BOSCOLO,2017). Devida a fragmentação de habitats, o centro dos fragmentos florestais estão ficando cada vez mais próximos às áreas de matriz, onde as condições abióticas podem ser mais extremas, com aumento da insolação, maior velocidade dos ventos e queda brusca da umidade relativa do ar (MURCIA,1995, FIGUEIRÓ,2009). Essa mudança de fatores abióticos na interfase entre fragmento florestal e matriz (borda) também é acompanhada por mudanças na biodiversidade, onde em ambientes mais próximos da borda, geralmente ocorre maior frequência de espécies que são mais tolerantes, tal como espécies de plantas pioneiras e animais geralmente mais generalistas de nicho (LAURANCE,2000).

A cobertura vegetal é um dos principais indicadores para aumento da diversidade de vários organismos, e tem sido muito usada para estudos sobre o efeito da paisagem sobre a diversidade e funções dos organismos nos ecossistemas (BENNETT, 2010). Esse aumento na diversidade com a maior cobertura florestal pode estar correlacionado tanto com fatores abióticos relacionados a presença dessa vegetação (menor temperatura, maior umidade relativa do ar, maior presença de água, maior complexidade, entre outros) quanto fatores bióticos (a própria maior diversidade de organismos) (BENNETT,2010). Portanto, a perda de cobertura vegetal pode influenciar negativamente as populações de espécies presentes em paisagens mais degradadas, devido à diminuição da disponibilidade de recursos usados por espécies que ocorrem primariamente em habitats florestais (FAHRIG,2003, FUCHS, 2003, VILLARD,2014).

Já a conectividade da paisagem pode ser dividida em dois tipos, a conectividade estrutural, que descreve como a estrutura da paisagem pode influenciar no movimento dos indivíduos, estando relacionada à conexão física entre habitats (GOODWIN, 2003) e a conectividade funcional, a qual considera a distância que um organismo pode se locomover na matriz, não havendo necessidade de uma conexão física entre habitats para que os organismos possam passar de um para outro (BAGUETTE,2007). Tem sido relatado que a conectividade pode influenciar diretamente na diversidade local, devido ao aumento do isolamento entre os fragmentos (NOGUEIRA, 2008, DIDHAM, 2012) e na variabilidade da composição das espécies entres ambientes, tanto por processos determinísticos "alteração em processo ambientais e em interações bióticas influencia diretamente na formação e composição da comunidade local" (MARQUES, 2021) quanto estocásticos (processo correlacionado a colonização e extinção) (CLARKE, 2008, CROOK, 2015). Além disso, a menor conectividade também pode diminuir o fluxo gênico entre as populações, levando a diferenças tanto genéticas como fenotípicas entre elas (HUGHES, 2009).

Outro componente da paisagem que tem influenciado em muito principalmente espécies de insetos é a heterogeneidade (RYSER,2021), a qual explica a quantidade e a distribuição das diferentes classes existentes em uma passagem (diferentes ambientes) (BOSCOLO,2017,VIZENTIN-BUGONI,2018).Por exemplo, já foi reportado que em abelhas existe uma diminuição da competitividade com o aumento da heterogeneidade, pois os recursos estão melhor distribuídos na região, evitando competição entre as populações (BARBOSA,2019). Por outro lado, a heterogeneidade também pode ter influência negativa sobre a diversidade regional, caso não esteja acompanhada de um aumento na cobertura florestal (NERY,2018). Portanto, pode-se esperar que sejam níveis intermediários de heterogeneidade aqueles que apresenta maior taxa de processos ecossistêmicos e serviços relacionados (FAHRIG,2011, STEIN, 2014).

As consequências da fragmentação podem se estender além da presença ou ausência das espécies nas paisagens,mas também incluir seus serviços ecossistêmicos relacionados. Os serviços ecossistêmicos podem ser definidos como os benefícios que as espécies podem fornecer aos seres humanos, dentre os quais podemos citar a ciclagem de nutrientes, a produção de oxigênio, a manutenção e formação de solos, o balanço climático, a despoluição de corpos d'água, a dispersão de sementes, a polinização e o

controle biológico de “pragas” (MEA, 2005, DUARTE, 2016). O controle biológico natural pode ser uma boa alternativa para controlar as “pragas” agrícolas através dos chamados inimigos naturais, os quais usam as “pragas” como recurso trófico para sua progênie. A utilização do controle biológico por essas espécies pode ser menos agressiva para os ecossistemas por atingir especificamente as espécies alvo. Outros benefícios podem ser o menor custo se comparado ao controle químico (FINKLER, 2011) e a ausência de efeito prejudicial ao ser humano, aos recursos hídricos e seres vivos em torno dos cultivos. Além disso, como o ciclo de vida dos inimigos naturais geralmente é curto, eles podem se adaptar ao ciclo de vida da “praga”; evitando o desenvolvimento de resistência controladora dessa espécie alvo (BERTI, 2011).

Infelizmente o controle biológico de “pragas” promovido por insetos ainda é pouco explorado (BROCK, 2021). Muitas espécies de insetos podem realizar controle biológico de “pragas”, mas os principais e mais utilizados são espécies da ordem Hymenoptera. Nessa ordem de insetos com quatro asas membranosas, podemos encontrar espécies de formigas, abelhas e vespas (Apocrita). O grupo de animais que podem ser utilizados como inimigos naturais de “pragas” agrícolas são as vespas, as quais possuem muitas famílias, tanto de parasitóides como predadores de invertebrados. Uma dessas famílias, muito comum em todo planeta e que apresenta inúmeras espécies que podem ser usadas para controle biológico é a família Vespidae, a qual é dividida em seis subfamílias, sendo Stenogastrinae, Polistinae e Vespinae animais de comportamento eussocial, e Euparagiinae, Masarinae e Eumeninae apresentando comportamento solitário ou primitivamente social (quando ocorre compartilhamento de ninhos) (ROSS, 2018). No Brasil,temos ocorrência de três dessas subfamílias de Vespinae, sendo que as mais numerosas são Masarinae, com aproximadamente 297 espécies, Eumeninae, com mais de 3.000 espécies conhecidas e Polistinae, com 304 espécies (CARPENTER, 2001).

Uma espécie muito comum que pode ser usada para controle biológico de artrópodes é a *Apoica gelida*, uma vespa incluída na subfamília Polistinae. Essa espécie é predadora de uma vasta gama de invertebrados, principalmente de larvas de Lepidoptera, as quais são utilizadas como fonte nutritiva para sua prole. No processo de captura da presa pela fêmea de *Apoica gelida*, caso a larva de Lepidoptera seja muito grande, ocorre a trituração da presa, a qual é transformada em líquido no próprio local de captura. Esse líquido é armazenado no abdome da fêmea e as partes sólidas são

transportadas utilizando as peças bucais. Caso a presa seja pequena, ocorre o transporte da presa inteira até o ninho. Ao chegar no ninho, o líquido e partes sólidas são regurgitados e divididos entre os adultos e larvas (Carpenter, 2001). A alimentação das vespas durante a fase larval é muito importante já que a quantidade de alimento consumida influencia diretamente no tamanho do adulto. Portanto, caso essa alimentação seja escassa, o indivíduo não se desenvolve de maneira correta e dessa forma terá um tamanho menor e outras alterações na morfologia, tal como o formato e tamanho das asas, o que pode interferir diretamente no sucesso de sobrevivência e reprodução dessa espécie (ETOLOGIA, 2011).

A forma e o tamanho das asas de animais voadores estão intimamente relacionados com a capacidade de forrageamento dos indivíduos (CÓRDOBA-AGUILAR, 1995), fuga de predadores (BOTS, 2009) e acasalamentos (STEWART e VODOPICH, 2013). Dessa forma, estresses ambientais durante o desenvolvimento larval das espécies podem influenciar diretamente nos indivíduos adultos (PINTO, 2012). Por exemplo, indivíduos sob grandes perturbações ambientais podem antecipar seu desenvolvimento e assim emergiram com asas menores e formato diferente daqueles que se desenvolveram em locais com menor estresse (ROULSTON, 2000). Como vespas têm um ciclo de vida curto se comparado aos animais de grande porte (LEWINSOHN, 2005), esperamos que isso possa refletir em um impacto alto e agudo da fragmentação sobre o tamanho e formato das asas de indivíduos de *A. gelida*.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência da paisagem sobre a abundância, tamanho e formato da asa de A. gelida (Hymenoptera: Vespidae) em uma área do bioma Mata Atlântica.

HIPÓTESES

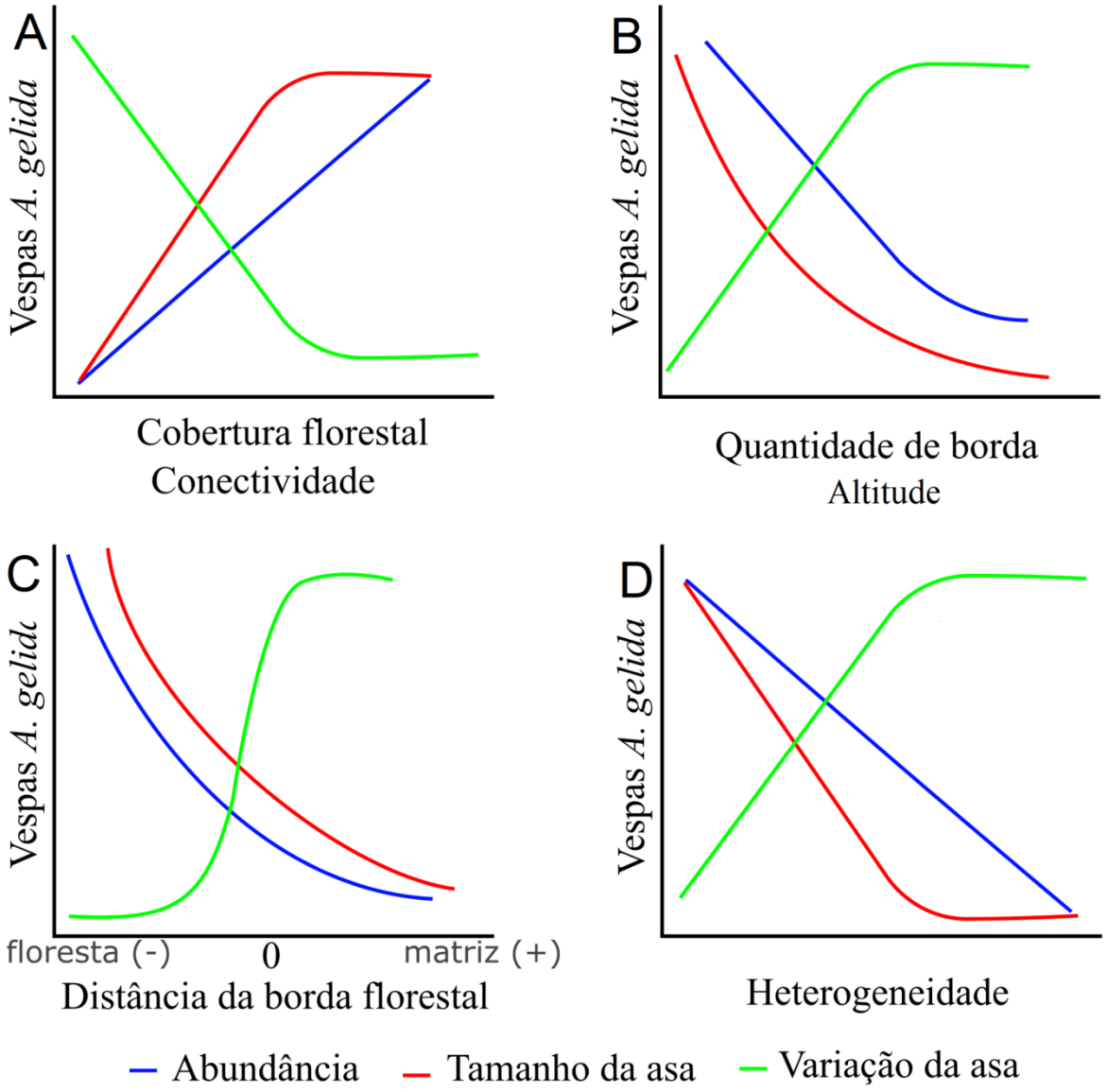
Nossas hipóteses são de que, com o aumento da cobertura vegetal, haverá um aumento na abundância de espécimes e no tamanho da asa dos indivíduos da vespa *A. gelida*, pois fragmentos florestais possuem uma maior quantidade de recursos (BENNETT, 2010), tal como uma maior disponibilidade de locais para a nidificação. Também esperamos encontrar uma relação positiva da conectividade florestal da paisagem com a abundância e tamanho médio das asas e uma relação negativa com a variação do tamanho das asas entre indivíduos. Paisagens mais conectadas podem facilitar a dispersão dos indivíduos, os quais estarão mais bem distribuídos, facilitando o fluxo gênico, gerando populações mais homogêneas e com asas maiores em vista da melhor nutrição das larvas e assim mantendo um padrão no tamanho das asas (Figura 1A).

A quantidade de borda na paisagem apresentará uma influência negativa sobre a abundância e tamanho da asas de *A. gelida*, enquanto afetará positivamente a variação da asa, pois em ambientes que temos uma quantidade de borda maior está relacionado com fragmentos menores e com menos recurso disponível para a utilização da vespa(BENNETT, 2010), esperamos encontrar indivíduos menores e em menor quantidade por causa da falta de recurso e além disso esperamos encontrar maior variação da asa, pois ele necessita transitar entre esses fragmentos para encontrar recurso, além disso adicionamos a variável altitude,pois em ambiente mais alto tendemos a ter temperatura menores e ocorre influência no metabolismo da vespa e por tanto prejudicado os hábitos de vida dela(BROCK, 2021), Dessa forma esperamos uma diminuição da abundância e tamanho da asa, e aumento da variação da asa, pois esse indivíduos terão menos recursos e além disso um gasto energético maior para estabilizar a sua temperatura. (FIgura 1B)

Em relação à distância da borda, esperamos que quanto mais afastado do fragmento em direção à matriz, menor será a abundância e o tamanho da asa e maior será a variação na asa dos indivíduos, pois com a proximidade da borda, as variáveis abióticas são mais extremas e pode haver uma maior competição entre espécies. Além disso, a maior quantidade de borda pode indicar de que as vespas podem ter maior contato com agrotóxicos que podem ser utilizados na região (Figura 1C).

Por fim, esperamos encontrar uma relação negativa da heterogeneidade com a abundância e tamanho médio das asas. Em locais com heterogeneidade maior, temos uma diversidade maior de ambientes que estão distribuídos de formas aleatórias, por exemplo podemos ter um campo aberto, floresta e área construída. Portanto se tivermos um ambiente onde a *A. gelida* não consiga se estabelecer, os indivíduos podem ser prejudicados em relação à quantidade de recursos e dessa forma aumentar a competição intraespecífica e interespecífica, influenciando diretamente na abundância e tamanho médio da asa.(Figura 1D)

Figura 01. Hipóteses sobre o efeito da alteração de paisagens sobre a abundância, tamanho corporal e formato das asas de vespas Apoica gelida em uma área da Mata Atlântica.



Fonte: Autoria do autor

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo fica localizada na região de Poços de Caldas- MG (-21.7883; -46.5625 21° 47′ 18″ Sul, 46° 33′ 45″ Oeste), onde predominam dois tipos de vegetações: Campo e Floresta Tropical. No ambiente de Campo, dominam as gramíneas com a presença abundante de *Aristida longiseta* (Barba-de-Bode) e alguns arbustos baixos, caules retorcidos e com casca grossa presentes tanto em áreas rurais como zonas urbanas (VEGETAÇÃO, 2017). Por outro lado, a Floresta Tropical pode ser encontrada nas serras de São Domingos, do Selado e partes de Poços de Caldas- MG. Esse ambiente é caracterizado por ser uma floresta pouco densa, com alta penetração de luz, o que favorece o aparecimento de plantas pioneiras (arbustivas e herbáceas). Devido à altitude, também existe a presença de pequenos grupos de árvores de grande porte como a conífera *Araucaria angustifolia* (VEGETAÇÃO, 2017).

O município de Poços de Caldas/MG se localiza num planalto Elíptico(Figura 02), com uma área de 750 Km² com uma altitude de aproximadamente 1300 metros com campos de ondulações leves, apresentando montanhas com altitudes médias de 1700 metros. O município possui cerca de 7% de relevo plano, 57% ondulado e 36% de relevo montanhoso (RELEVO, 2017).

Figura 02: Planície da cidade de Poço de Caldas.

Fonte: Prefeitura de Poços de Caldas/MG.

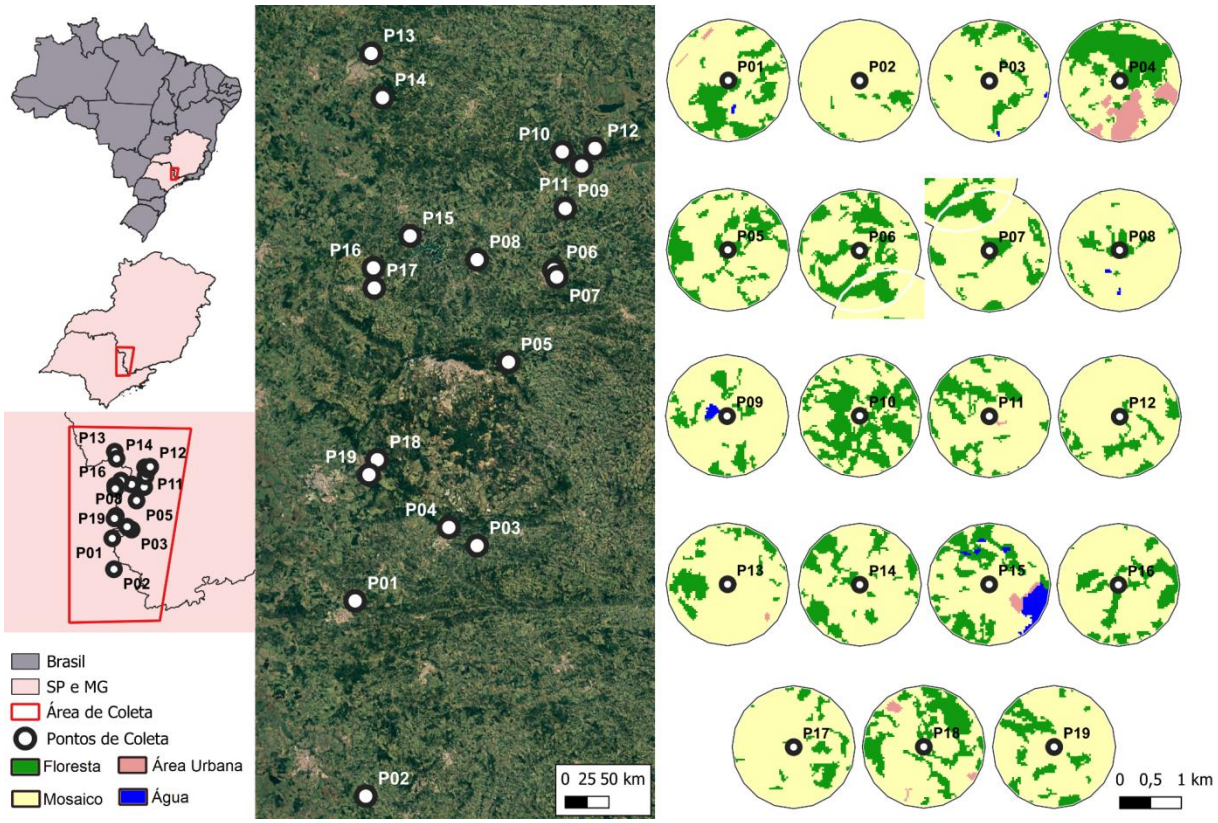
O solo da região é na sua maioria argiloso, com presença de arenitos e jazidas de bauxitas e argila refratária. Além disso, também possui grandes reservas de minérios ferrosos, não ferrosos e radioativos (RELEVO, 2017). O clima de Poços de Caldas- MG é caracterizado por invernos entre o mês de abril a setembro, no qual a temperatura média no meses é de 15°C e com precipitação de 315 mm. O verão ocorre entre os meses de outubro a março e a temperatura média nesses meses é de 21°C com índice de chuva de aproximadamente 1.430 mm. Anualmente, a temperatura média é de 17°C, com registro de temperaturas mínimas de -6°C e máxima de 31,7 °C e com precipitação média de 1.745 mm (CLIMA, 2017). Devido à altitude e solos ricos em diversos nutrientes, a região é uma grande produtora de café, o qual é conhecido como "café vulcânico", (AGRICULTURA, 2017)

Amostragem

Durante 12 meses, foram amostradas 19 paisagens com 1 Km de raio cada uma (Figura 02). Foram instaladas armadilhas luminosas no centro de cada paisagem, as quais ficavam ligadas toda noite, conectadas por energia elétrica na casa dos agricultores. Estas

armadilhas possuíam um sensor (fotocélula), permitindo ligar automaticamente a ao entardecer e desligar ao amanhecer. As amostragens foram feitas mensalmente, substituindo os potes antigos por novos potes. Infelizmente, por questões logísticas não foram feitas amostragens nos meses de Junho e Julho.

Figura 03. Região de Poços de Caldas/MG, onde foram realizadas as amostragens de *Apoica gélida* em 19 paisagem com 1 km de raio



Fonte: Autor com auxílio do QGIS

Após o material ser coletado das paisagens, eles foram realocados para potes de aproximadamente 5 litros onde foram armazenados e conservados com álcool 70%. Nesses potes, foram anotados o número da paisagem e o mês em que o material foi coletado. Todos os potes foram transportados e armazenados no departamento de Biodiversidade, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, São Paulo, Brasil.

O material bruto foi triado utilizando como base as principais ordens de insetos, dos quais tivemos representantes das ordem Coleoptera, Diptera, Hymenoptera e Lepidoptera. O restante do material que não se encaixava dentro de uma dessas ordens foi classificado como "outros". Cada ordem triada foi realocada para um novo recipiente com álcool 70%, onde novamente foram anotados a paisagem e o mês em que foram coletados e a ordem a que pertenciam. Após o término do processo de triagem, iniciamos a separação por grupos funcionais,

separando a ordem Hymenoptera em vespas, formigas e abelhas. Os indivíduos pertencentes à espécie *A. gelida* foram separados para posterior análise.

Abundância

Os indivíduos pertencentes a *A. gelida* foram armazenados em potes diferentes, onde constava o mês da coleta, paisagem e o nome da espécie. o pote escolhido para o processo de contagem era dispostos sobre uma bandeja, onde os indivíduos eram contabilizados e dessa forma obtivemos a abundância . Após a realização da contagem, o espécime eram recolhidos ao pote e armazenado os dados obtidos eram anotados em uma tabela onde constavam o mês, paisagem e quantidade de indivíduos encontrados.

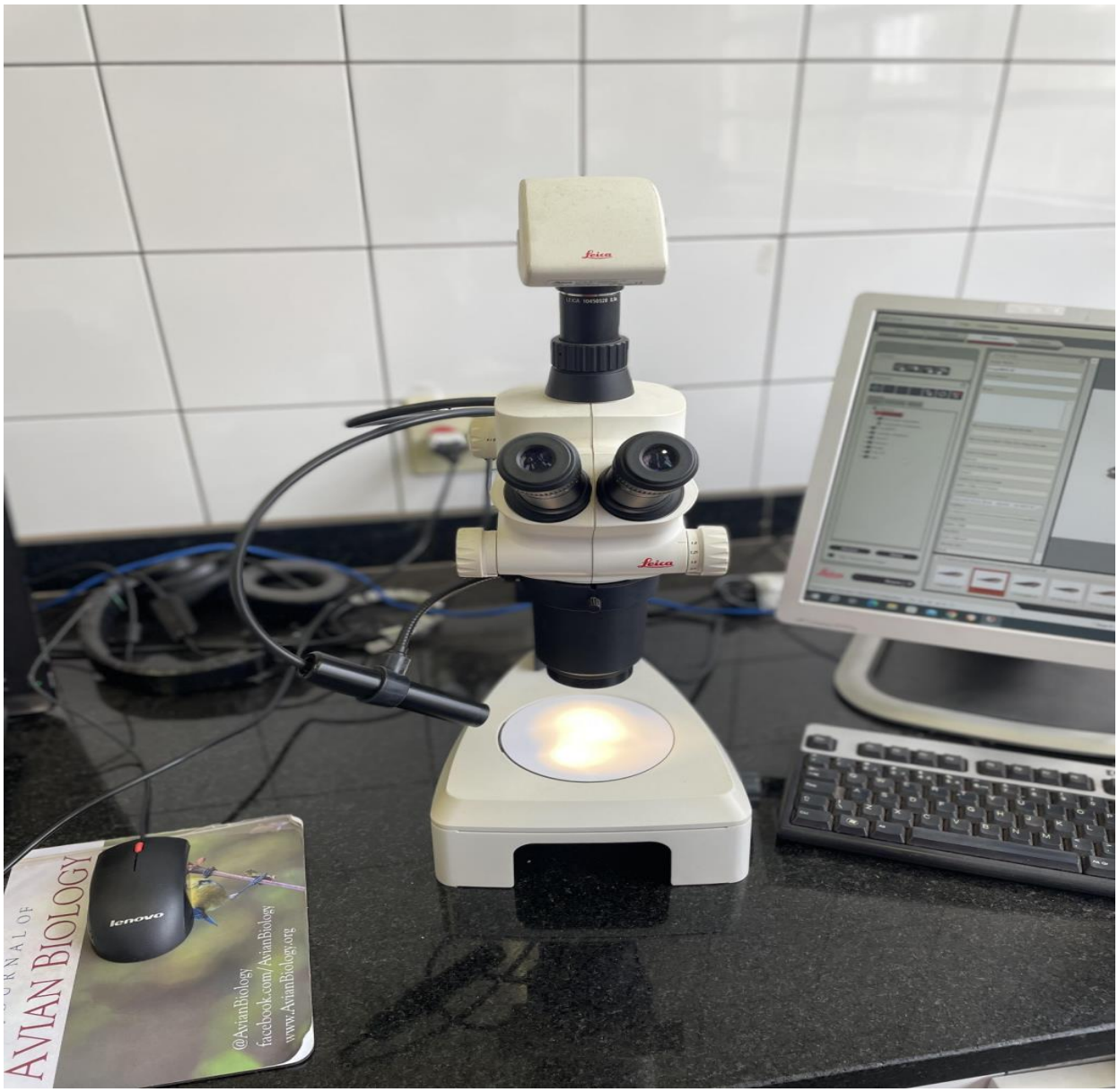
Morfometria

Os indivíduos escolhidos de forma aleatória, (no total utilizamos 20 indivíduos de cada paisagem) tinham a sua asa anterior direita retirada com o auxílio de uma pinça fina e colocados em tubos plásticos de 1,5 mL (p.e. eppendorf) juntamente com a asa removida e com solução álcool 70%.

As fotografias das asas foram feitas usando uma câmera digital Leica DMC 2900 acoplada a um estereomicroscópio da marca Leica S8AP0 no seu menor aumento (Figura 03), por meio do programa Leica Application Suite (LAS) Versão 4.13.0 (Build:310). Com as imagens, criamos um arquivo do tipo TPS com o software TPSUTIL32. Para criar os marcos anatômicos nas asas dos indivíduos, usamos a ferramenta Digitize Landmarks do software TPSDIG2, marcando 15 *landmarks* (Figura 5).

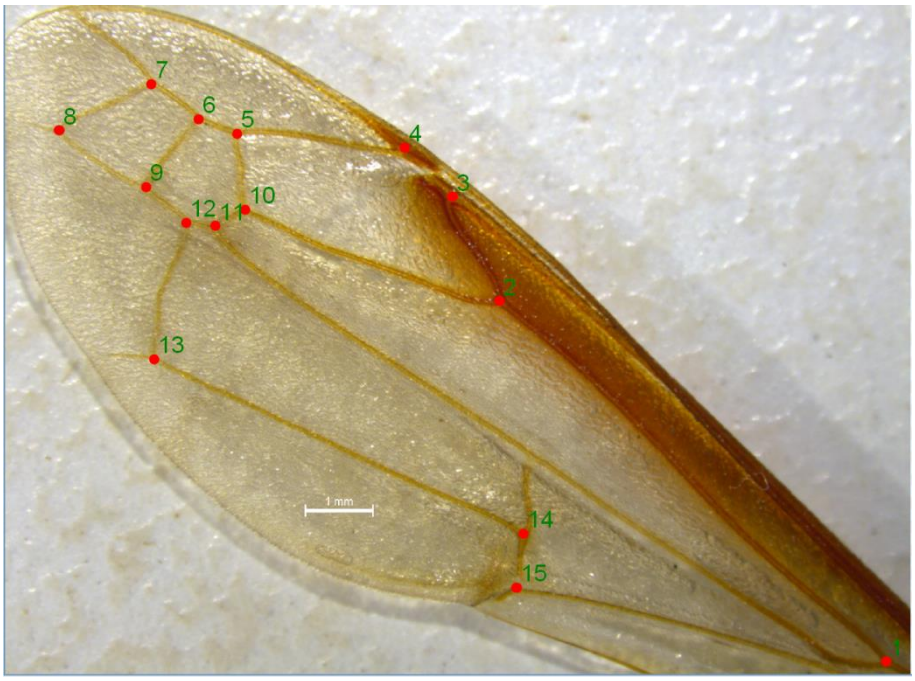
As medições de tamanho e formato das asas foram feitas utilizando o software *Morpho J*. O tamanho foi medida usando a medida de centroide das asas, que podemos definir como a raiz quadrada obtida através da distância quadrada somada de todos os pontos de referência (no nosso caso a marcação feita nas asas) de um objeto a partir do seu centro de gravidade, onde para realizar a marcação do mesmo utilizando a média das coordenadas X e Y de todos os pontos de referência (*landmarks*) (KLINGENBERG, 2016).

Figura 4: Estereomicroscópio utilizado para realizar as fotografias das asas da Apoica gelida coletadas em Poços de Caldas – MG.



Fonte: Acervo Pessoal

Figura 5: Asa anterior direita da *Apoica gelida*, com marcação dos landmarks feita no softaware TPSDIG2



Fonte: Acervo Pessoal

Análise da paisagem

O cálculo das métricas da paisagem foi realizado através do software R Studio, versão 2023.03.0 (R Studio Team, 2023). Foram calculadas a porcentagem de cobertura florestal, a conectividade dos fragmentos, heterogeneidade da paisagem, a distância até a borda florestal mais próxima e quantidade de borda.

A porcentagem de cobertura vegetal foi calculada a partir da definição de um buffer de 1Km e a partir disso calculamos a porcentagem de floresta dentro desse buffer. A conectividade florestal foi calculada medindo o nível de proximidade entre os fragmentos presentes na paisagem.

A heterogeneidade da paisagem foi calculada utilizando o mesmo princípio do Índice de Shannon para diversidade, mas ao invés de utilizarmos a proporção relativa da espécies na comunidade em sua aplicação tradicional, utilizamos proporção das diferentes classes presente na paisagem. A distância de borda foi medida com auxílio do software QGIS DESKTOP 3.30.3 com o auxílio da ferramenta "medir" onde marcamos o centro do buffer (pontos de coleta) e deslocamos até a borda florestal mais próxima do fragmento e dessa forma obtivemos a distância em

metros. Por último medimos a quantidade de borda, sendo ela o somatório do perímetro dos fragmentos florestais presentes na paisagem. Além disso, também tentamos entender como a altitude do buffer poderia estar influenciando na resposta de *A. gelida* à paisagem. Essa variável foi medida através de um raster de altitude disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

Análise estatística e modelagem

Ás variáveis respostas utilizadas foram as medidas morfometrias das asas da *A. gelida,* que foram: Média do centroide, o qual utilizado para descrever o tamanho médio da asa; Variância do centroide, utilizado para representar a plasticidade fenotípica das asas e por último utilizamos a medida do formato no qual avaliamos com o auxílio de uma matriz de distância montada utilizando a Análise de correspondência Canônica (CCA). Em relação às variáveis explicativas, foram utilizadas medidas da estrutura da paisagem, que foram cobertura florestal, conectividade florestal, heterogeneidade, altitude e quantidade de borda, utilizamos dois tipos de modelos, o primeiro o modelo linear generalizado (GLM), utilizado para descrever com mais precisão relações lineares e um modelo aditivo generalizado (GAM) que descreve melhor relação não lineares.

Para a escolha dos melhores resultados, utilizamos o r2 como parâmetro. Para ambos os modelos optamos por utilizar uma distribuição de Poisson, além disso para entendimento sobre o efeito da altitude sobre os dados, optamos pela utilização dos resíduos dos modelos com altitude para testar se ocorre efeito da paisagem sobre as variáveis respostas, mas sem a utilização do efeito da altitude. Somente os modelos que apresentaram um $P<0,05$ e com maiores r2 constam nos resultados Mesmo assim, os outros materiais (resultados não significativos) podem ser encontrados no material suplementar.

Para entendermos se o formato das asas foi influenciado pela paisagem, optamos pela utilização de uma matriz de distância obtida através da análise de CCA e comparamos com uma matriz de distância das paisagens considerado as porcentagem de cobertura florestal, a conectividade florestal, heterogeneidade e a quantidade de borda separadamente utilizando o teste de Matel. Todas análises e gráficos foram obtidos através do ambiente do Rstudio (R core Team,2023)

RESULTADOS

Durante os 12 meses de amostragem, foram coletados 5.179 indivíduos pertencentes à espécie *A. gelida* (Tabela 1), e retiradas 380 de asas inferior direita.

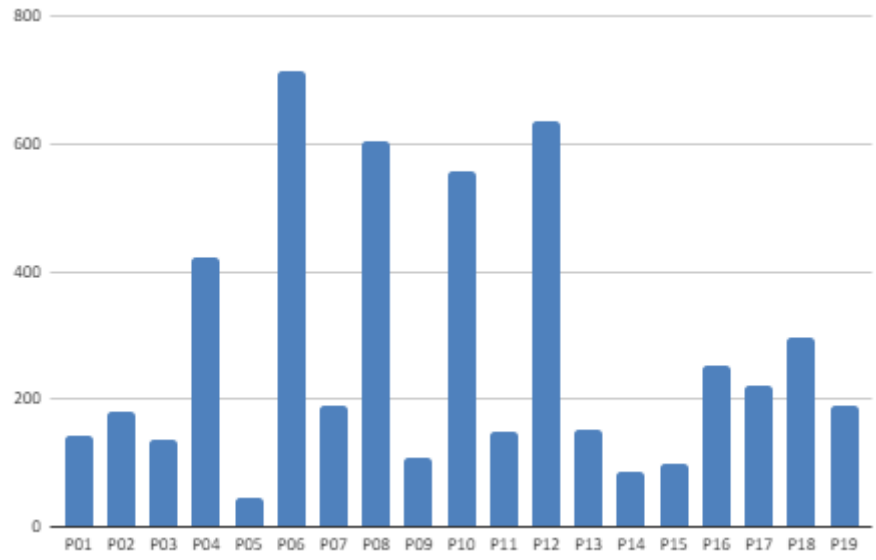
A maior abundância de espécimes foi obtida nas paisagens 06 (n = 714) 12 (n = 635) e na 08 (n = 603). Em relação aos meses, Se formos citar os três que obtiveram maior abundância, no mês de fevereiro obtivemos 952 amostras, em janeiro obtivemos 742 amostras e por último temos o mês de agosto no qual coletamos 800 indivíduos. Em relação ao meses com menor amostragem podemos citar o mês de outubro onde tivemos o total de 129 indivíduos, o mês de maio onde tivemos 162 indivíduos e por último temos o mês dezembro onde obtivemos 225 indivíduos.

Tabela 01: Abundância da Apoica gelida obtidas através das amostragem nas 19 paisagem em Poços de Calda- MG

MÊS	janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Paisagem													**TOTAL POR PAISAGEM**
1	33	47	26	20	0	0	0	0	18	0	0	0	144
2	18	103	0	5	0	0	0	12	11	0	32	0	181
3	31	19	21	8	0	0	0	28	0	11	0	17	135
4	115	33	24	33	0	0	0	22	147	47	0	0	421
5	0	7	0	0	2	0	0	35	1	0	0	0	45
6	6	290	119	17	0	0	0	224	0	58	0	0	714
7	8	6	2	147	0	0	0	8	18	0	0	0	189
8	127	102	68	10	27	0	0	84	80	0	52	53	603
9	66	29	0	0	5	0	0	8	0	0	0	0	108
10	100	76	104	72	13	0	0	51	90	0	52	0	558
11	0	32	13	4	4	0	0	21	1	7	31	35	148
12	49	123	108	43	16	0	0	77	85	6	62	66	635
13	0	1	24	6	0	0	0	66	40	0	12	4	153
14	9	4	7	7	2	0	0	58	0	0	0	0	87
15	18	34	14	23	0	0	0	9	0	0	0	0	98
16	39	39	99	10	3	0	0	34	28	0	0	0	252
17	7	0	67	86	12	0	0	15	28	0	7	0	222
18	0	0	0	8	78	0	0	36	124	0	0	50	296
19	116	7	6	3	0	0	0	12	27	0	19	0	190
												TOTAL DE VESPAS:	**5179**

Fonte: Criação do Autor

Figura 7: Abundância de Apoica gelida coletada nas 19 paisagens em Poços de Calda - MG



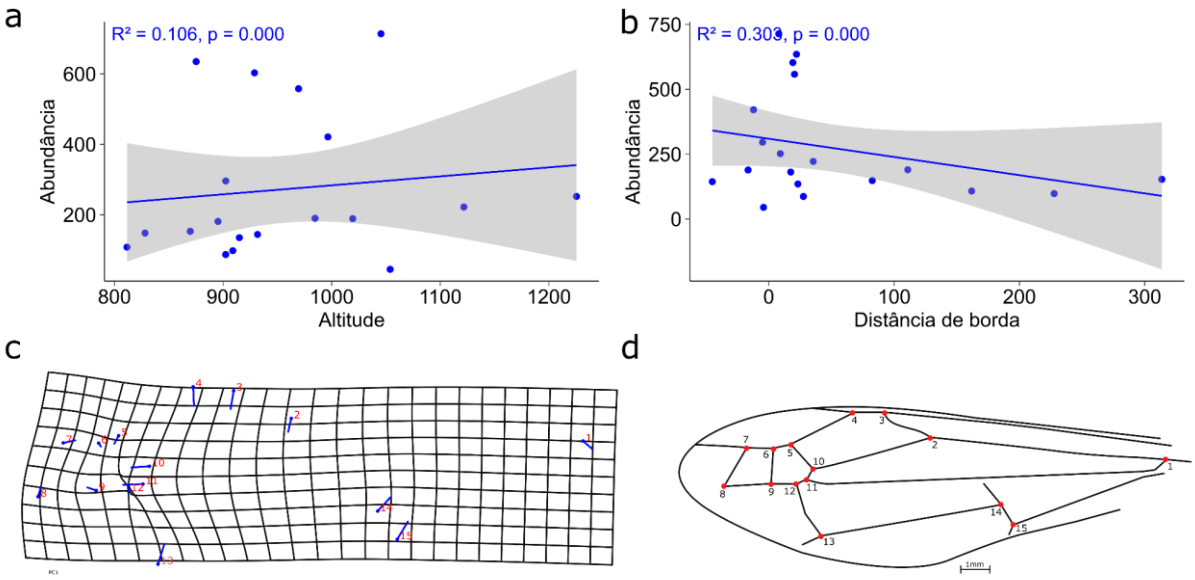
Fonte: Criação do Autor.

Podemos notar a influência da altitude sobre a *A. gelida*, a maior abundância foi registrada em 1045 metros de altitude no qual obtivemos 714 indivíduos. Em relação a menor abundância ela foi registrada a 1053 metros no qual obtivemos somente 45 indivíduos.

Evidenciamos que a abundância também foi influenciada pela distância da borda (Figura 8B), Dessa forma corroborando a nossa hipótese ,visto que a maior ocorrência de indivíduos (714) foi registrada a 22,1 metros da borda. Em distâncias maiores que 50 m para o lado da matriz influenciaram negativamente a abundância de *A. gelida*. além disso, apesar de haver uma menor abundância dentro de fragmentos (valores negativos na figura) podemos notar que a abundância foi maior comparada à área core da matriz (altos valores de positivos da distância da borda). Podemos ressaltar que as maiores abundâncias no caso 714 e 635 indivíduos foi registrada a 8 metros e 25 metros da borda respectivamente. Por outro lado, a menor quantidade de indivíduos no caso 45 foi registrada -4,2 metros dentro da borda, (Figura b).

Os pontos anatômicos das asas de *A. gelida* que apresentaram maior variação foram os pontos 06, 09, 10, 11 e 12, os quais ficam na parte distal das asas (mais afastada do corpo), levando a asas com pontas mais afiladas (Figura 08, imagem C).

Figura 08: O Gráficos representam as relações, O A representa relação da AbundânciaxAltitude, O B representa a relação de abundânciaxDistância da Borda, O C representa o gradiente de variação do landmark da asas e a imagem D a representação do desenho da marcação das asas da espécie Apoica gelida coletada em Poços de Caldas- MG.



Fonte: Criação do Autor

Podemos notar que as variáveis Distância da Borda Florestal, Conectividade e Borda total as que influenciaram o formato da asas, onde obtivemos um P no teste de Mantel menor que 0,05 (Tabela 02).

Tabela 02: Relação entre o formato da asa com a variáveis ambientais utilizadas para obtenção dos dados da Apoica gelida em Poços de Caldas- MG.

MATRIZ DE CORRELAÇÃO	R	P (Significance)
formato x borda total	0,3844	0,004995
FORMATOX conectividade	0,3844	0,004995
Formato xdistancia da borda florestal	-0,07387	0,64935
Formatoxcobertura vegetal	0,424	0,001998
Formato x hetero	0,2402	0,1039

Fonte: Criação do Autor

Em uma comparação par a par do formato das asas entre as paisagens, podemos notar que muitas delas apresentaram diferenças significativas (valores menores que 0,005). (Figura 09)

Figura 09: Tabela representando a diferença do formato da asa entre as paisagem da Apoica gelida coletada em 19 paisagem em Poços de Caldas- MG.

	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18
P02	0,0023																	
P03	<.0001	<.0001																
P04	<.0001	0,0005	0,2654															
P05	<.0001	<.0001	<.0001	0,0001														
P06	<.0001	<.0001	<.0001	0,0016	0,1897													
P07	<.0001	<.0001	<.0001	0,0003	0,3649	0,279												
P08	<.0001	0,0002	<.0001	0,0015	0,5644	0,0319	0,1925											
P09	<.0001	<.0001	<.0001	0,0003	0,0416	0,0658	0,2468	0,0168										
P10	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0,3761	0,0244	0,7944	0,9304	0,317									
P11	0,0003	0,0432	<.0001	0,0027	0,0028	0,0013	0,1186	0,1839	0,0129	0,4912								
P12	0,0002	0,0003	<.0001	0,0008	0,0014	0,0007	0,0118	0,0129	0,0247	0,0731	0,5833							
P13	0,0008	0,0001	<.0001	0,0006	0,0006	0,0001	0,0008	0,0015	0,0019	0,0022	0,0232	0,4765						
P14	<.0001	<.0001	0,0002	0,017	0,0037	0,0081	0,0079	0,0036	0,3003	0,0231	0,015	0,2217	0,0158					
P15	<.0001	0,0001	<.0001	0,0001	0,0105	0,0002	0,0014	0,0093	0,0272	0,019	0,0032	0,0395	0,041	0,1481				
P16	<.0001	0,0008	<.0001	0,0004	0,0011	0,0001	0,0001	0,1015	<.0001	0,008	0,0271	0,0001	<.0001	<.0001	0,0002			
P17	<.0001	0,002	<.0001	<.0001	0,0062	<.0001	0,0011	0,0842	0,0099	0,1324	0,127	0,022	0,0001	0,0501	0,025	0,0777		
P18	<.0001	0,0073	<.0001	0,0005	<.0001	<.0001	0,0001	0,0002	<.0001	<.0001	0,0085	0,0009	0,0023	0,0042	0,0089	<.0001	0,0043	
P19	<.0001	0,0084	0,0052	0,0007	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0,0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0,0003

Fonte: Criação do Autor

DISCUSSÃO

A abundância total devemos ressaltar que o esforço amostral entre os mês tiveram oscilação onde em alguns meses não conseguimos realizar o monitoramento (troca dos potes) por questões adversas e dessa forma ficamos sem amostragem, por isso podemos notar algumas inconstâncias no valores de abundância.

Em relação a semelhanças entre essas paisagem que obtivemos maior abundância (Tabela 01) no caso Paisagem 06, Paisagem 12 e Paisagem 08, podemos citar a proximidade de altitudes entre elas, onde respectivamente temos 1045 metros; 875 metros e 928 metros, Podemos considerar que essas altitudes um ambiente mais favorável para o estabelecimento da *A. gelida*, podemos levar em consideração o fator de disponibilidade de recursos pode ser menor, por exemplo plantas para a realização da nidificação(SALAZAR,2007; WARREN, 2018),além disso a heterogeneidade entre esses pontos são semelhantes, pois temos um índice de heterogeneidade de 1,4; 1,2 e 1,4 respectivamente. Dessa forma indo contra a nossa hipótese (Figura 01. Gráfico B), onde pensamos que em ambiente com uma heterogeneidade maior teríamos a redução na abundância, podemos inferir que em ambientes com essa heterogeneidade temos uma diversidade maior de recursos para a *A. gelida* realizando a confecção de ninhos e além disso temos uma variedade maior de ambientes para a realização do processo de predação (RYSER, 2021) .

Podemos citar que obtivemos menor abundância no caso Paisagem 05, Paisagem 14 e paisagem 15, Onde obtivemos 45 indivíduos , 87 indivíduos e 98 indivíduos respectivamente, que todas estão inseridas em pontos com grande dominância de mosaico de uso (agricultura) no caso são 31%; 32% e 32% respectivamente,ou seja os fragmentos estão em contato direto com a consequencias da agricultura especialmente os defensivos agrícolas que além de eliminar o “alimento” das *A. gelida*, essa proximidade da borda com a agricultura, promove o contato dela com os defensivos agrícolas e pode ocorrer o falecimento dos indivíduos. (PREZOTO, 2016), Dessa forma corroborando a nossa hipótese(figura 01, gráfico C),onde a proximidade da borda influencia negativamente a abundância da *A. gelida* .

Como citados nos resultados (Figura 03, Gráfico A), o aumento da da altitude pode influenciar negativamente a abundância da *A. gelida*, mesmo tendo algumas

exceções, dessa forma corroborando a nossa hipótese (Figura 01, imagem B) onde esperávamos que com o aumento da Altitude teria uma diminuição da Abundância, essa maior abundância em locais com uma altitude considerada "menor" pode está relacionada com condições ambientais mais favoráveis(SOUZA, 2014) Dessa forma facilitando um encontro maior de recursos alimentares, sítios de nidificação, no caso a matéria utilizada para a construção desses ninhos é vegetal (folhas, troncos secos), a qual é triturada e misturada com água e secreção salivar das glândulas mandibulares, resultando em um produto semelhante ao papel, com um aspecto mais delicado (CARPENTER, 2001) e condições climáticas melhores, podemos está citando a temperatura(ELPINO, 2007).
Os resultados apontam que o ambiente ideal para a espécie estudada, seria próximo a borda ou até mesmo dentro do fragmentos, pois nos pontos onde tivemos uma distância maior do fragmentos obtivemos uma abundância menor *A. gelida.* Esse fato pode estar relacionado com o aumento do efeito de borda sobre a mesma, como por exemplo mudança da velocidade do vento, umidade, radiação, predação e interação entre as espécies por exemplo (MURCIA, 1995). Além disso, em ambientes aberto podemos ter uma menor disponibilidade de substrato para nidificação e diversidade de recursos alimentares e menos proteção contra os predador (SOUZA, 2012), e com esses fatores citados o indivíduos tem um gasto energético maior na procura pelo o alimento e a procura de matéria para a nidificação(MILANI, 2020). Dessa forma pode inferir que ambientes abertos não são benéficos para a *A. gelida*. Pois além das consequências citadas acima, temos um diminuição da abundância de indivíduos, mesmo tendo alguns pontos "fora" da curva, esse pontos podem ser explicados pelo fato de Os ninhos de *A gelida* podem estar presentes tanto em construções humanas como na vegetação em buracos ou tronco das árvores (MILANI, 2020), além disso podemos ressaltar o esforço amostral, pois por alguns empecilhos ocorreu uma variação.

Como demonstrado na Figura 03, Imagem C e nos resultados podemos notar asas com ponta mais afiladas podemos observar a plasticidade fenotípica, no qual podemos considerar a habilidade do indivíduos em alterar o fenótipo, mas manter o seu genotípico (SCHEINER, 1993) das asas dos indivíduos para se adaptar a pressão nos ambientes, Dessa forma podemos notar uma tendência de diminuição da asas dos indivíduos e esse fato pode estar relacionado com o tamanho, pois em ambiente onde temos menos

recursos, o desenvolvimento do indivíduo é prejudicado e dessa forma temos indivíduos menores (SOUTO, 2011).

Podemos observar na Figura 04, as consequências atreladas a essas variáveis, no quais já citamos neste trabalho, são as mais evidente no formato das asas, isso pode estar relacionado com o fato da *A. gelida* ser sensível a mudanças do ambiente, pois mesmo que ela consiga "sobreviver" em locais que foram perturbados ela é prejudicada (PINTO, 2012). Pois mesmo que as colônias estejam presentes em locais antropizados, tendem a apresentar colônias com número menor de indivíduos e isso pode ser explicado pelo motivos citados neste trabalho, Dessa forma corroborando nossa hipótese geral, no qual a paisagem influencia a morfometria da *A. gelida* onde podemos notar que as métricas citadas neste trabalho obtiveram um P no teste de Mantel menor que 0,05 ou seja que ocorre influência dela sobre o formato da asa

Em relação a figura 05 onde temos os valores de comparação de P entre as paisagem, onde quanto menor o valor, menor a semelhança de formato entre as paisagem. Podemos observar que as paisagem com formato de asa mais semelhante ou seja onde encontramos os maiores valor de P são a P08xP10 onde temos o valor de 0,930, a paisagem P07xP10 onde temos o P de 0,794 e por último temos as P05xP08 onde temos um P de 0,564. No qual podemos inferir que a paisagem com formato mais semelhantes no caso a P08 e P10, no qual a variável mais próximas entre elas são a distância de borda, onde temos 19,2 metros e 20,5 metros respectivamente, portanto podemos observar que ambas têm a mesma resposta morfológica para essa pressão ambiental, no qual as consequências citamos trabalho acima.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos concluir que ocorre influência negativa do processo de fragmentação sobre a *Apoica gelida*, visto que o formato foi influenciado pela cobertura florestal.

Além disso, trabalhos que evidenciam como os controladores biológicos são afetados pelas mudanças no ambiente, são importantes em vista o número escasso de estudos disponíveis sobre esses animais, no qual prestam um serviço ecossistêmicos tão importante seja para o ecossistema em si como para a agricultura, visto que as vespas, de modo geral, são responsáveis por uma parcela considerável da predação de “pragas” agrícolas. Dessa forma fica evidente que esse estudo pode ser o primeiro passo para mostrar a relevância ecológica da *Apoica gelida* e além disso mostrar como podemos fazer o seu manejo e conservação em paisagens degradadas, como a Mata Atlântica.

REFERÊNCIAS:

AGRICULTURA, prefeitura poços de caldas, 03/08/2017.disponível em <https://pocosdecaldas.mg.gov.br/a-cidade/infraestrutura/agricultura/ >, Acessado em 20/06/2023

BAGUETTE, Michel; VAN DYCK, Hans. **Landscape connectivity and animal behavior: functional grain as a key determinant for dispersal**. Landscape ecology, v. 22, n. 8, p. 1117-1129, 2007

BARBOSA, Marcela de Matos; IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lucia. **Influência da cobertura florestal e heterogeneidade espacial na comunidade e o fluxo gênico de abelhas sem ferrão na Mata Atlântica**. 2019.

BENNET, Andrew F., and Denis A. Saunders. **"Habitat fragmentation and landscape change."** Conservation biology for all 93 (2010): 1CorC544-1550.

BERTI FILHO, Evoneo; MACEDO, Luciano Pacelli Medeiros. **Fundamentos de controle biológico de insetos-praga.** 2011.FRYSER

BOSCOLO, Danilo, et al. **"Positive responses of flower visiting bees to landscape heterogeneity depend on functional connectivity levels."** Perspectives in Ecology and Conservation 15.1 (2017): 18-24.

BOTS, J. et al. **Variation in flight morphology in a female polymorphic damselfly: intraspecific, intrasexual, and seasonal differences.** Canadian Journal of Zoology, v. 87, n. 1, p. 86-94, 2009.

BROCK, Ryan E., Alessandro Cini, and Seirian Sumner. **"Ecosystem services provided by aculeate wasps."** Biological Reviews 96.4 (2021): 1645-1675.

CARPENTER, JAMES M., and Oton M. Marques. **"Contribuição ao estudo dos vespídeos do Brasil."** Série publicações digitais 3 (2001).

CLARKE, Amber, et al. **"Macroinvertebrate diversity in headwater streams: a review." Freshwater biology** 53.9 (2008): 1707-1721

CLIMA, prefeitura poços de caldas, 03/08/2017.disponível em <https://pocosdecaldas.mg.gov.br/perfil/clima/ >, Acessado em 19/06/2023

CÓRDOBA-AGUILAR, A. **Assimetria flutuante em libelinhas machos pareados e não pareados Ischnura denticollis (Burmeister) (Odonata: Coenagrionidae).** J. Ethol. 13 , 129–132 (1995).

CROOK, David A., et al. **"Human effects on ecological connectivity in aquatic ecosystems: integrating scientific approaches to support management and mitigation." Science of the total environment** 534 (2015): 52-64.

DIDHAM, Raphael K., et al. **"Horizontal and vertical structuring in the dispersal of adult aquatic insects in a fragmented landscape."** Fundamental and Applied Limnology-Archiv furHydrobiologie 180.1 (2012): 27.

DUARTE, Gabriela Teixeira, Milton Cezar Ribeiro, and Adriano Pereira Paglia. **"Ecosystem services modeling as a tool for defining priority areas for conservation."** PloS one 11.5 (2016): e0154573.

ELPINO-CAMPOS, Ábner; DEL-CLARO, Kleber; PREZOTO, Fábio. **Diversity of social wasps (Hymenoptera: Vespidae) in cerrado fragments of Uberlândia, Minas Gerais state, Brazil.** Neotropical Entomology, v. 36, p. 685-692, 2007.

ETOLOGIA, 2011, **"temas atuais em Etologia e Anais do XCXCX Encontro Anual de Biologia"** Autora: Melena Maura Torezan-Silingardi e Vanessa Stefani (organizadoras), uberlândia, UFU,2011, 257 P

FAHRIG, Lenore. **"Ecological responses to habitat fragmentation per se."** Annual review of ecology, evolution, and systematics 48 (2017): 1-23

FAHRIG, Lenore. **"Effects of habitat fragmentation on biodiversity."** Annual review of ecology, evolution, and systematics 34.1 (2003): 487-515.

FAHRIG, Lenore et al. **Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes**. Ecology letters, v. 14, n. 2, p. 101-112, 2011.

FIGUEIRÓ, Adriano Severo, and Ana Luiza Coelho Netto. **"Impacto ambiental ao longo de trilhas em áreas de floresta tropical de encosta: Maciço da Tijuca Rio de Janeiro-RJ."** Mercator-Revista de Geografia da UFC 8.16 (2009): 187-200.

FINKLER, Christine Lamenha Luna. **"Controle de insetos: uma breve revisão. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica"**, v. 8, p. 169-189, 2011.

FUCHS, Eric J., Jorge A. Lobo, and Mauricio Quesada. **"Effects of forest fragmentation and flowering phenology on the reproductive success and mating patterns of the tropical dry forest tree Pachira quinata."** Conservation Biology 17.1 (2003): 149-157.

GEIGER Flavia, et al. **"Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland."** Basic and Applied Ecology 11.2 (2010): 97-'105.

GOODWIN, Brett J. Is "**landscape connectivity a dependent or independent variable?".** Landscape ecology, v. 18, n. 7, p. 687-699, 2003.

HUGHES, Jane M., Daniel J. Schmidt, and Debra S. Finn. **"Genes in streams: using DNA to understand the movement of freshwater fauna and their riverine habitat."** BioScience 59.7 (2009): 573-583.

KLINGENBERG, Christian Peter. Size, shape, and form: **concepts of allometry in geometric morphometrics**. Development genes and evolution, v. 226, n. 3, p. 113-137, 2016.

JOHNSON, Christopher N., et al. **"Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene."** Science 356.6335 (2017): 270-275.

LEWINSOHN, THOMAS M., ANDRÉ VICTOR L. FREITAS, and PAULO INÁCIO PRADO. **"Conservação de invertebrados terrestres e seus habitats no Brasil." Megadiversidade** 1.1

LAURANCE, William F. **"Do edge effects occur over large spatial scales?." Trends in ecology & evolution** 15.4 (2000): 134-135.

MARQUES, Ynaiá Yamanaka. **"Contribuição de processos determinísticos e estocásticos na estrutura de metacomunidades de girinos do Pantanal."** (2021).

MEA. Millenium Ecosystem Assessment, 2005**. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington.** Disponível: http://www.millenniumassessment.org/en/Synt hesis.html. Acesso: 31 JAN 2023

MILANI, Lucas Rocha et al. **Influência de fragmentos florestais sobre a nidificação de vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae) em cafeeiro**. Revista Brasileira de Zoociências, v. 21, n. 1, p. 1-12, 2020

MURCIA, Carolina. **Edge effects in fragmented forests: implications for conservation**. Trends in ecology & evolution, v. 10, n. 2, p. 58-62, 1995.

NERY, Laura Silva et al. **Bee diversity responses to forest and open areas in heterogeneous Atlantic Forest**. Sociobiology, v. 65, n. 4, p. 686-695, 2018.

Nogueira, Ina de Souza, et al. **"Diversidade (alfa, beta e gama) da comunidade fitoplanctônica de quatro lagos artificiais urbanos do município de Goiânia, GO."** Hoehnea 35 (2008): 219-233.

PINTO, Nelson Silva et al. **Fluctuating asymmetry and wing size of Argia tinctipennis Selys (Zygoptera: Coenagrionidae) in relation to riparian forest preservation status.** Neotropical Entomology, v. 41, p. 178-185, 2012

PREZOTO, Fábio et al. **Agroecossistemas e o serviço ecológico dos insetos na sustentabilidade. Sustentabilidade: Tópicos da Zona da Mata Mineira**. 1ª ed. Juiz de Fora, Real Consultoria em Negócios Ltda, p. 19-30, 2016.

RELEVO, prefeitura poços de caldas, 03/08/2017. disponível em <https://pocosdecaldas.mg.gov.br/perfil/relevo/ >,

Acessado em 19/06/2023

ROULSTON, T.'Ai H.; CANE, James H. **The effect of diet breadth and nesting ecology on body size variation in bees (Apiformes)**. Journal of the Kansas Entomological Society, p. 129-142, 2000.

ROSS, Kenneth G.; MATTHEWS, Robert W. (Ed.). **"The social biology of wasps"**. Cornell University Press, 2018.

RYSER, Remo et al. **Landscape heterogeneity buffers biodiversity of simulated meta-food-webs under global change through rescue and drainage effects**. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 4716, 2021.

SALAZAR, Luis F.; NOBRE, Carlos A.; OYAMA, Marcos D. **Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America.** Geophysical Research Letters, v. 34, n. 9, 2007.

SOUTO, Kleber Cleanto Faria Lemes et al. **Influência ambiental na morfometria de insetos**. 2011.

SOUZA, M. M. et al. **Biodiversidade de vespas sociais (Hymenoptera: Vespidae) do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil.** MG-Biota, v. 5, n. 1, p. 4-19, 2012.

SCHEINER S M (1993) **Genetics and evolution of phenotypics plasticity**. Annu. Rev. Ecol. Entomol. 24:35-28

SOUZA, Marcos Magalhães de; PIRES, Epifânio Porfiro; PREZOTO, Fábio. **Seasonal richness and composition of social wasps (Hymenoptera: Vespidae) in areas of Cerrado biome in Barroso, Minas Gerais, Brazil.** Bioscience Journal, v. 30, n. 2, p. 539-545, 2014.

STEIN, Anke; GERSTNER, Katharina; KREFT, Holger. **Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales**. Ecology letters, v. 17, n. 7, p. 866-880, 2014.

STEWART, Sherry S.; VODOPICH, Darrell S. **Variation in fluctuating asymmetry among nine damselfly species. International Journal of Odonatology**, v. 16, n. 1, p. 67-77, 2013.

VILLARD, Marc-André, and Jean Paul Metzger. **"Beyond the fragmentation debate: a conceptual model to predict when habitat configuration really matters."** Journal of Applied Ecology 51.2 (2014): 309-318.

VIZENTIN-BUGONI, Jeferson et al. Plant-pollinator networks in the tropics: a review. **Ecological networks in the tropics: an integrative overview of species interactions from some of the most species-rich habitats on earth**, p. 73-91, 2018.

VEGETAÇÃO,prefeitura poços de caldas, 03/08/2017. disponível em <https://pocosdecaldas.mg.gov.br/perfil/vegetacao/>, Acessado em 20/06/2023.

WARREN, Rachel et al. **The projected effect on insects, vertebrates, and plants of limiting global warming to 1.5 C rather than 2 C**. Science, v. 360, n. 6390, p. 791-795, 2018.

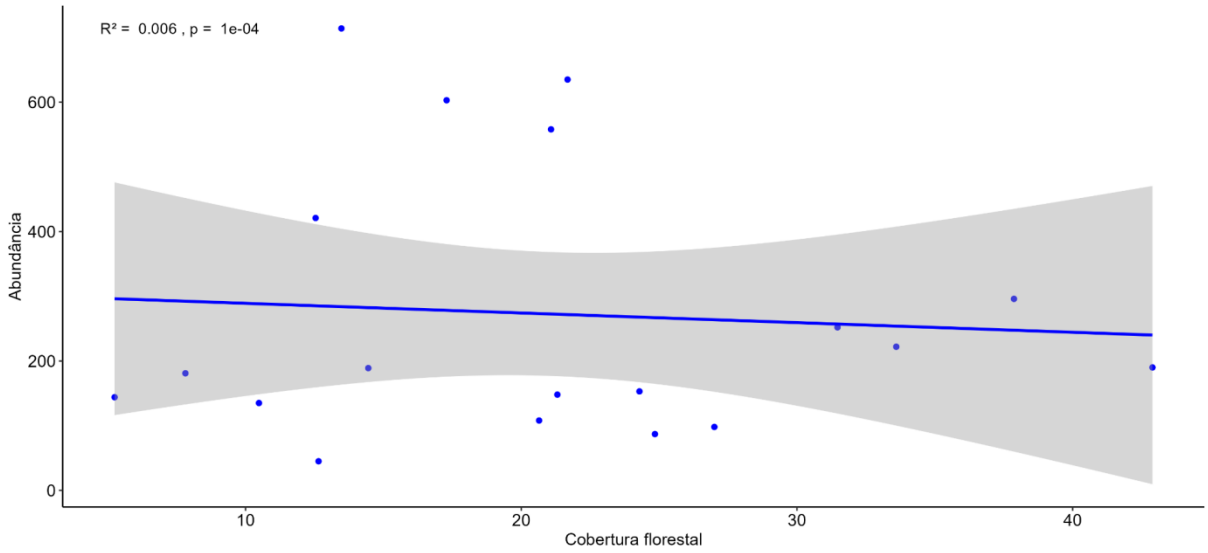
WATANABE, Maria Aico; MELO, Luiz Antonio Silveira. **"Controle Biológico de pragas de hortaliças"**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

WOLOWSKI M, Agostini K, Rech AR, Varassin IG, Maués M, Freitas L, Carneiro LT, Bueno RO, Consolaro H, Carvalheiro L, Saraiva AM, Silva CI (2019) **"Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos**

no Brasil” [livro eletrônico]. BPBES/REBIPP. São Carlos, SP: Editora Cubo, 2019.

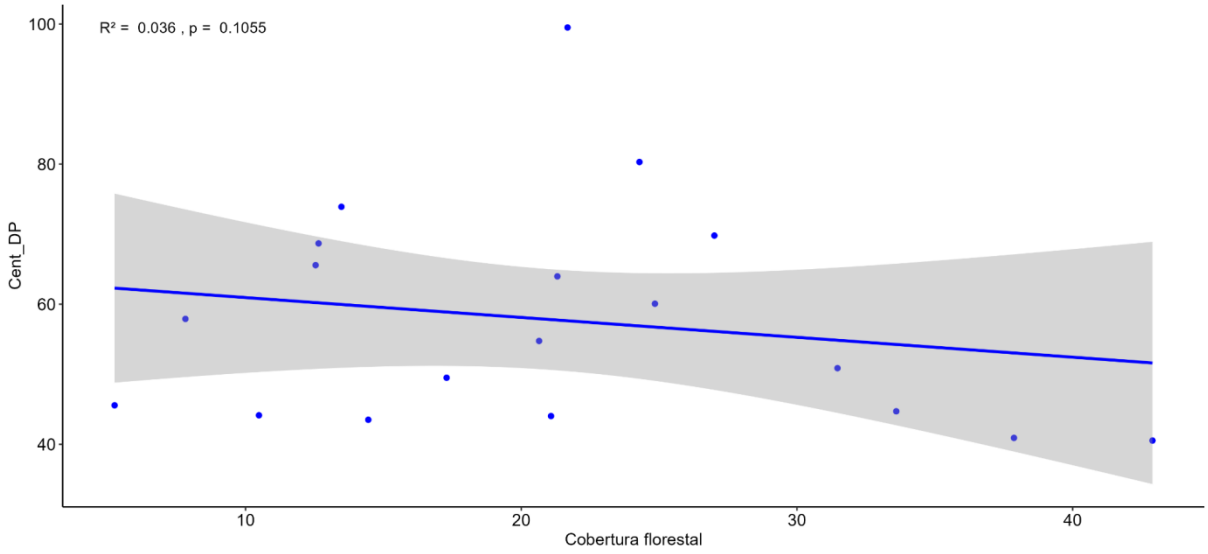
APÊNDICE A – GRÁFICOS

Figura 09: O gráfico representa relação da Abundância com cobertura florestal na *Apoica gelida* em poços de Caldas- MG



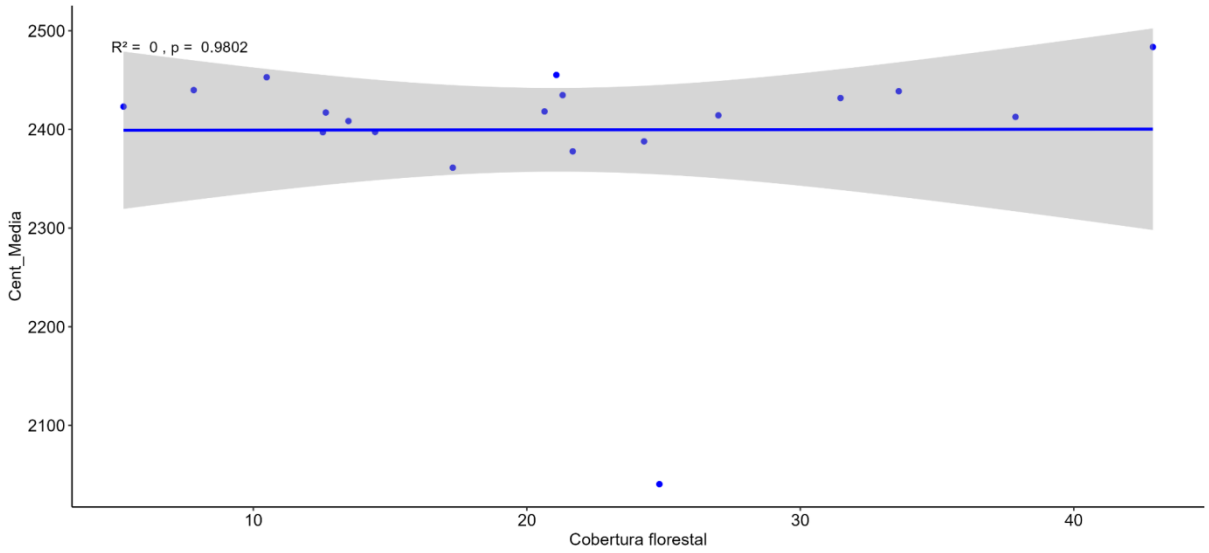
Fonte: Criação do Autor

Figura 10:O gráfico representa relação do desvio padrão do centroide com cobertura florestal na *Apoica gelida* em poços de Caldas- MG



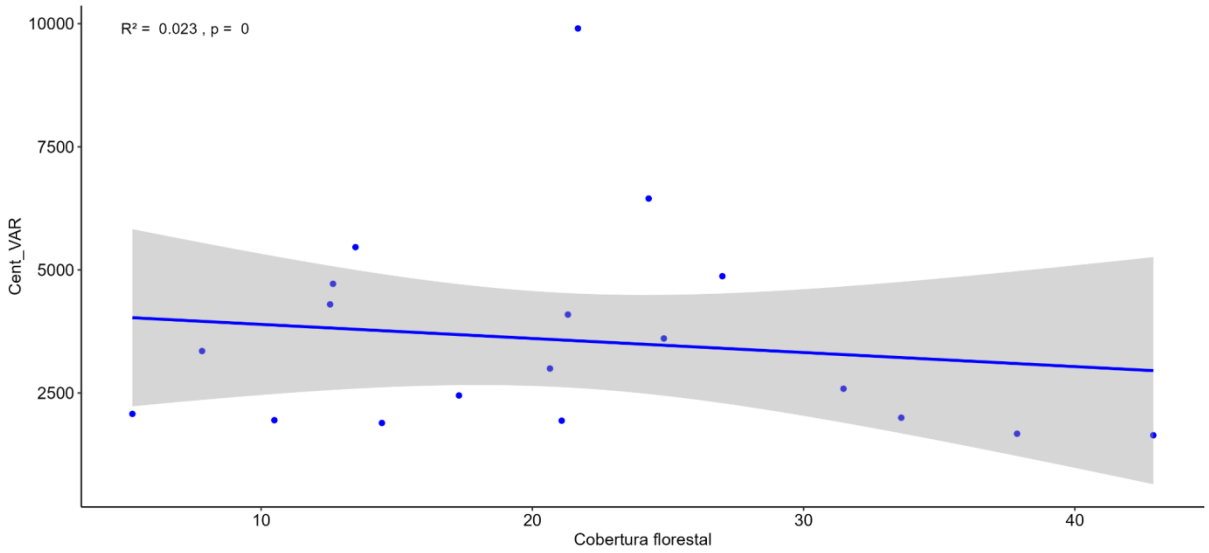
Fonte: Criação do Autor

Figura 11: O gráfico representa relação da média do centroide com cobertura florestal na *Apoica gelida* em poços de Caldas- MG



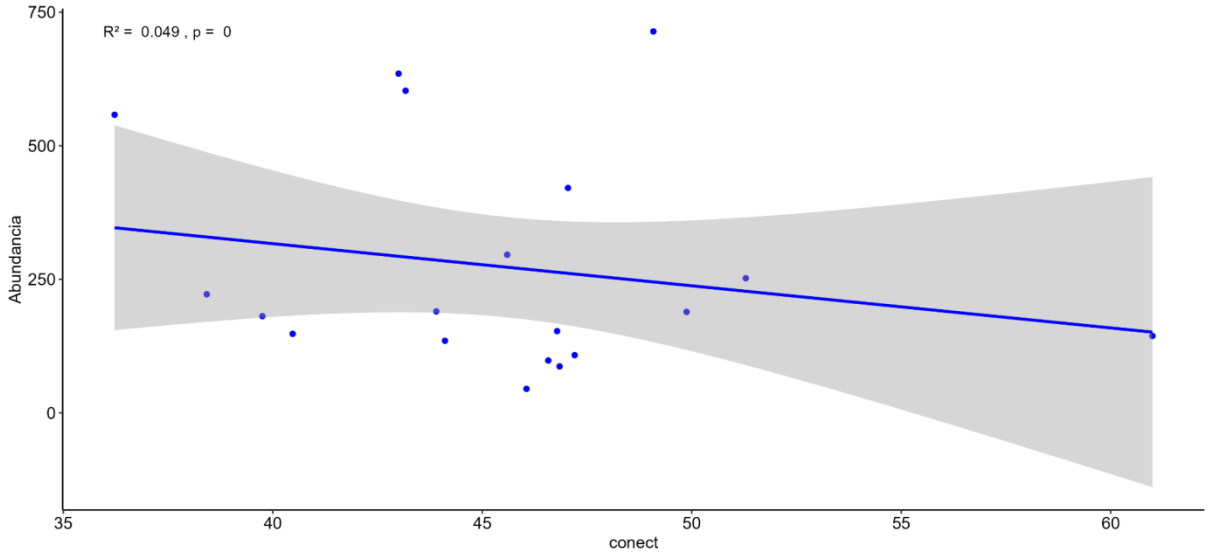
Fonte:Criação do Autor

Figura 12:O gráfico representa relação da variação do centroide com cobertura florestal na *Apoica gelida* em poços de Caldas- MG



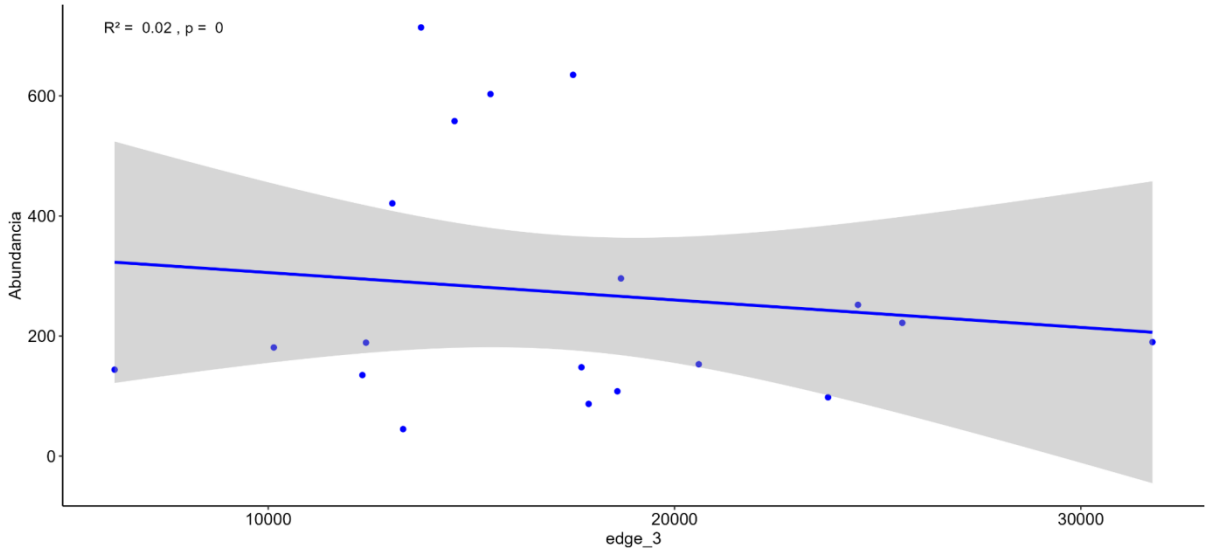
Fonte: Criação do Autor

Figura 13:O gráfico representa relação da Abundância com a conectividade dos fragmento na *Apoica gelida* em poços de Caldas- MG



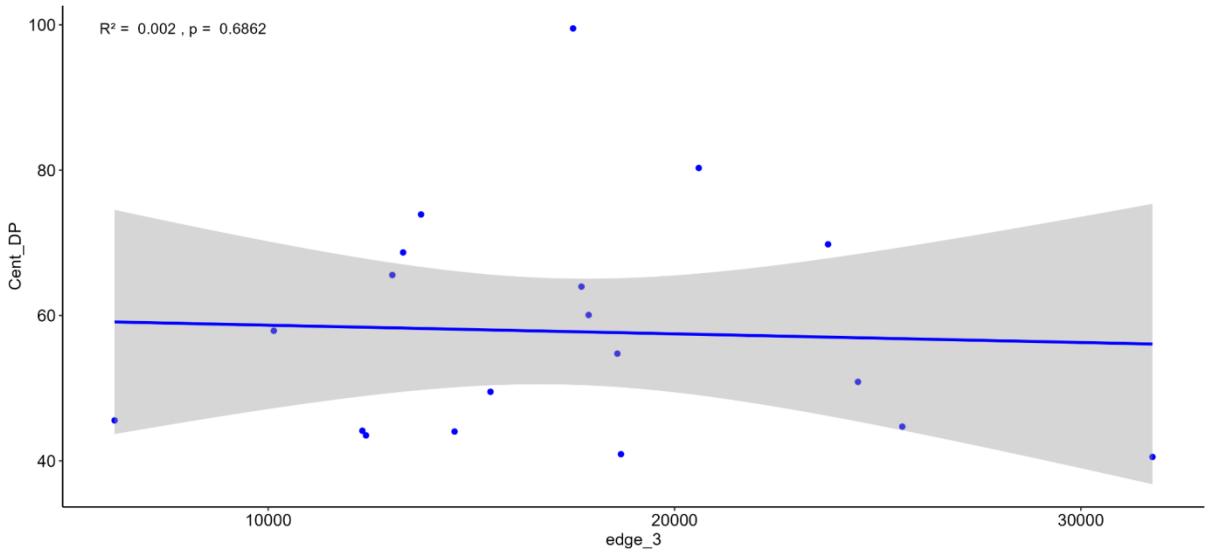
Fonte: Criação do Autor

Figura 14:O gráfico representa relação da Abundância com borda total na *Apoica gelida* em poços de Caldas- MG



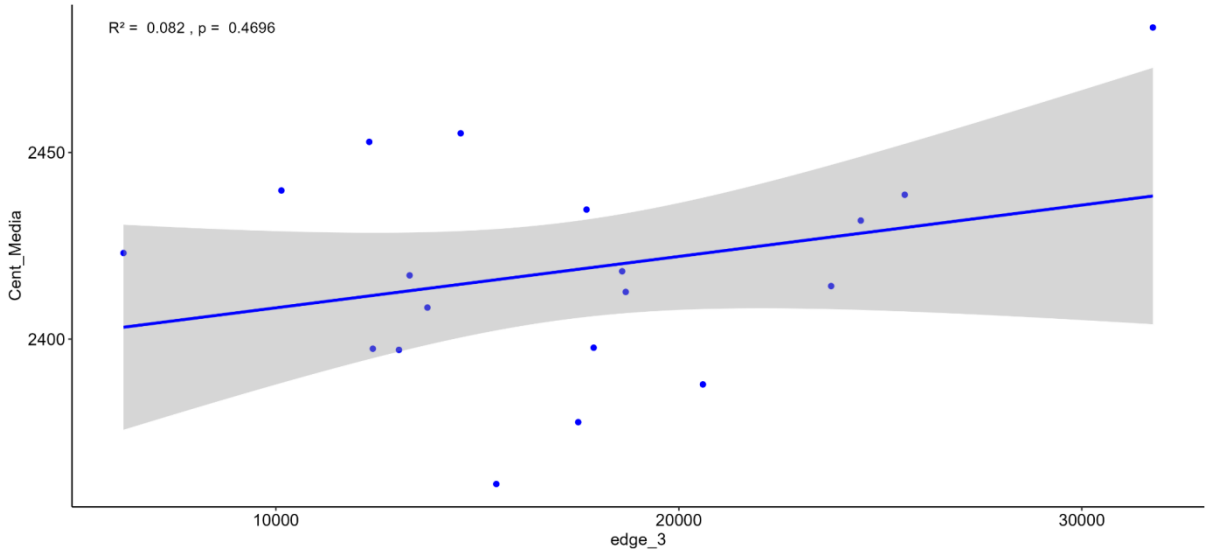
Fonte:Criação do Autor

Figura 15: O gráfico representa relação do desvio padrão com a borda total na *Apoica gelida* em poços de Caldas- MG



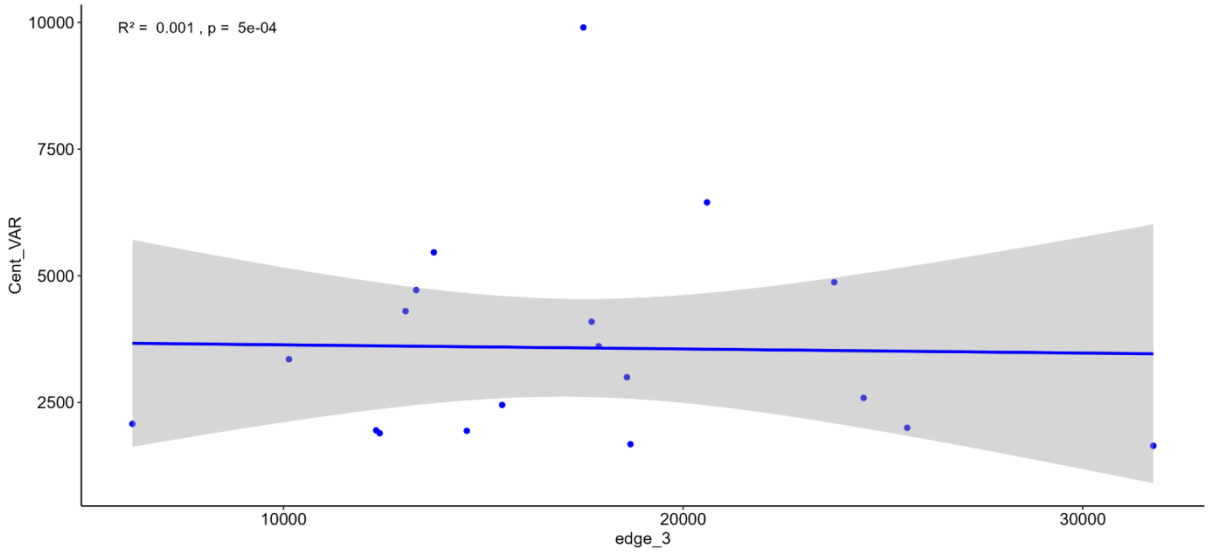
Fonte: Criação do Autor

Figura 16:O gráfico representa relação da média do centroide com a borda total na *Apoica gelida* em poços de Caldas- MG



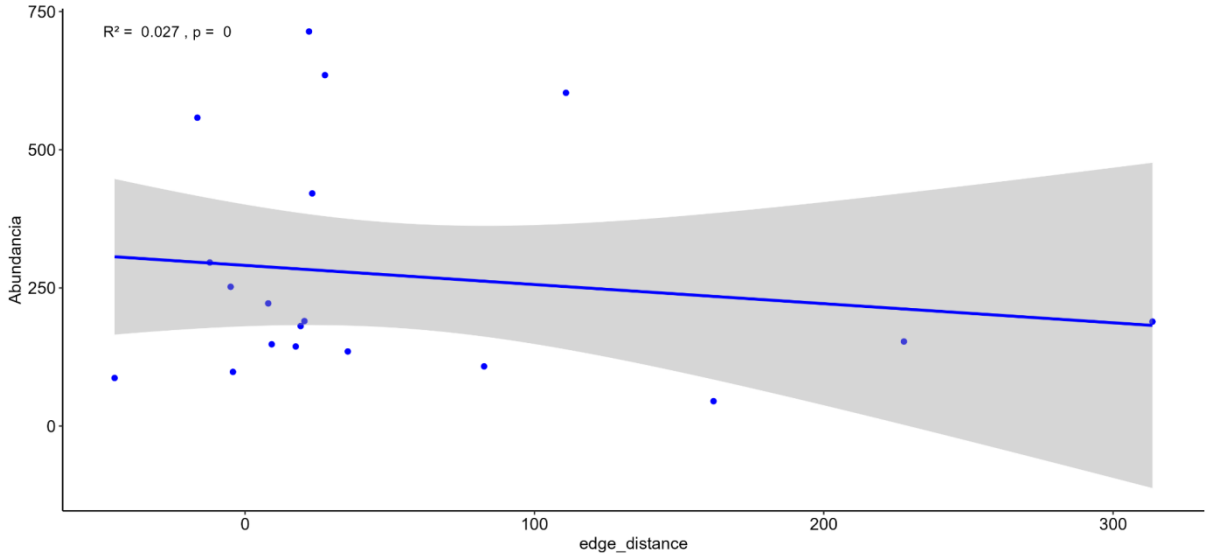
Fonte: Criação do Autor

Figura 17: O gráfico representa relação da variação do centroide com borda total na *Apoica gelida* em poços de Caldas- MG



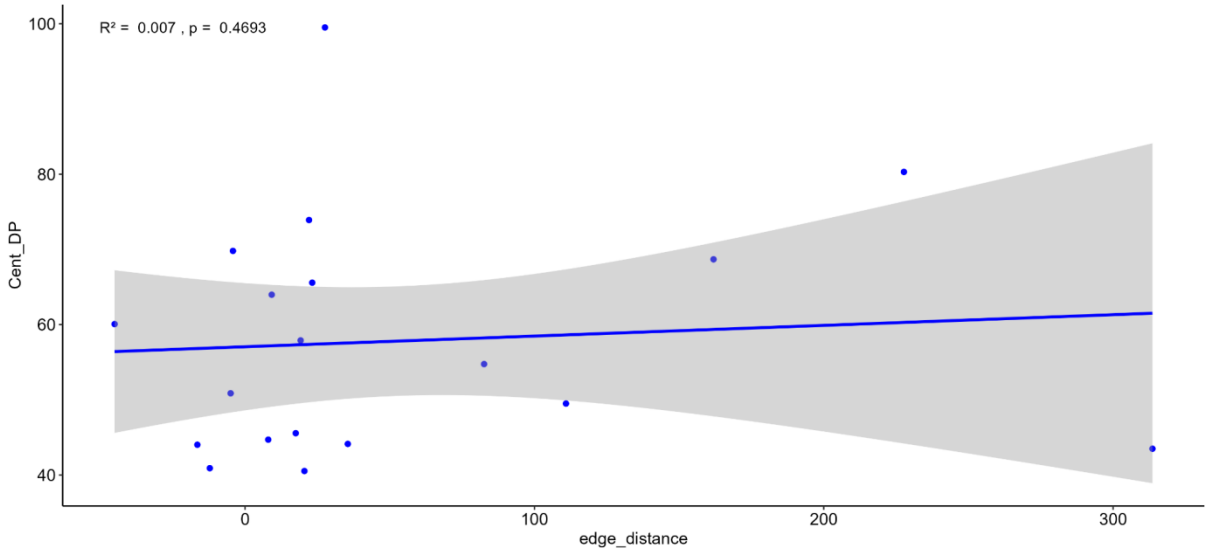
Fonte: Criação do Autor

Figura 18:O gráfico representa relação da abundância com distância de borda na *Apoica gelida* em poços de Caldas- MG



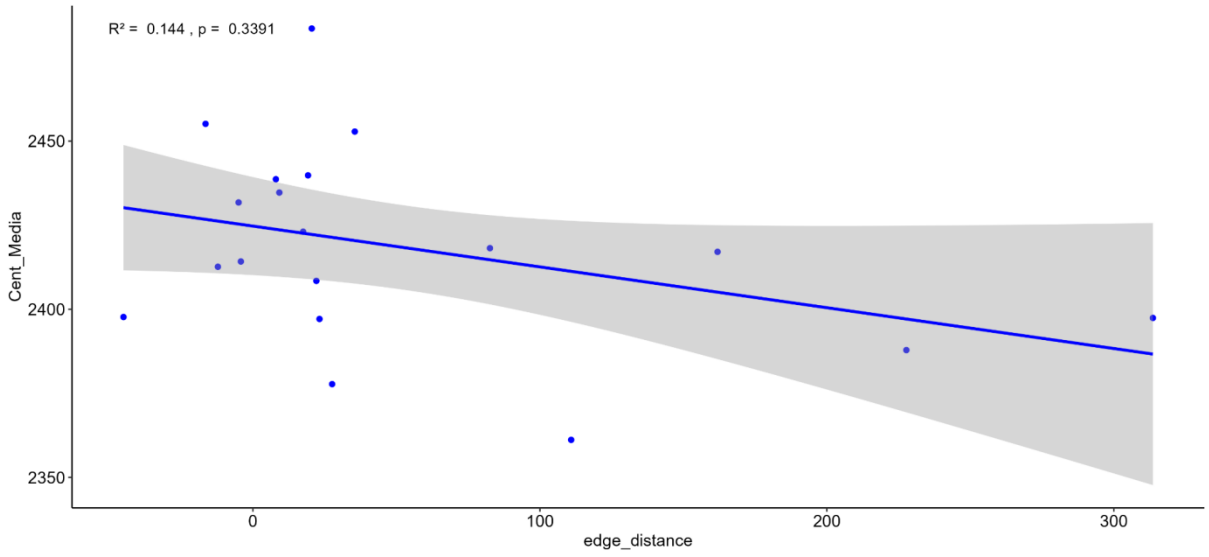
Fonte: Criação do Autor

Figura 19: O gráfico representa relação do desvio padrão do centroide com a distância de borda na *Apoica gelida* em poços de Caldas- MG



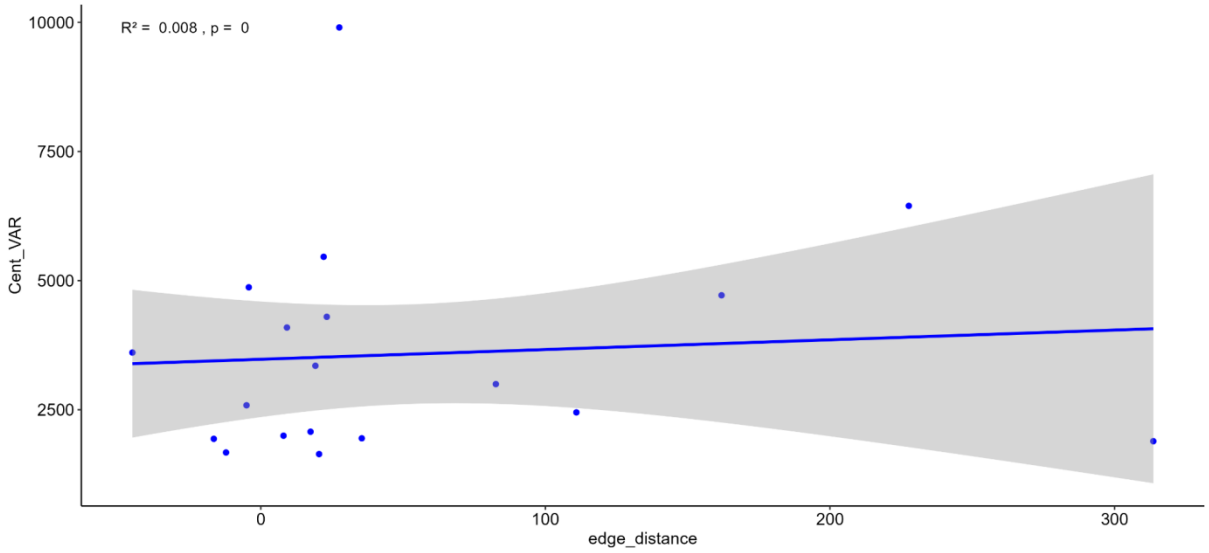
Fonte: Criação do Autor

Figuras 20: O gráfico representa a relação da média do centroide com a distância de borda na *Apoica gelida* em poços de Caldas- MG



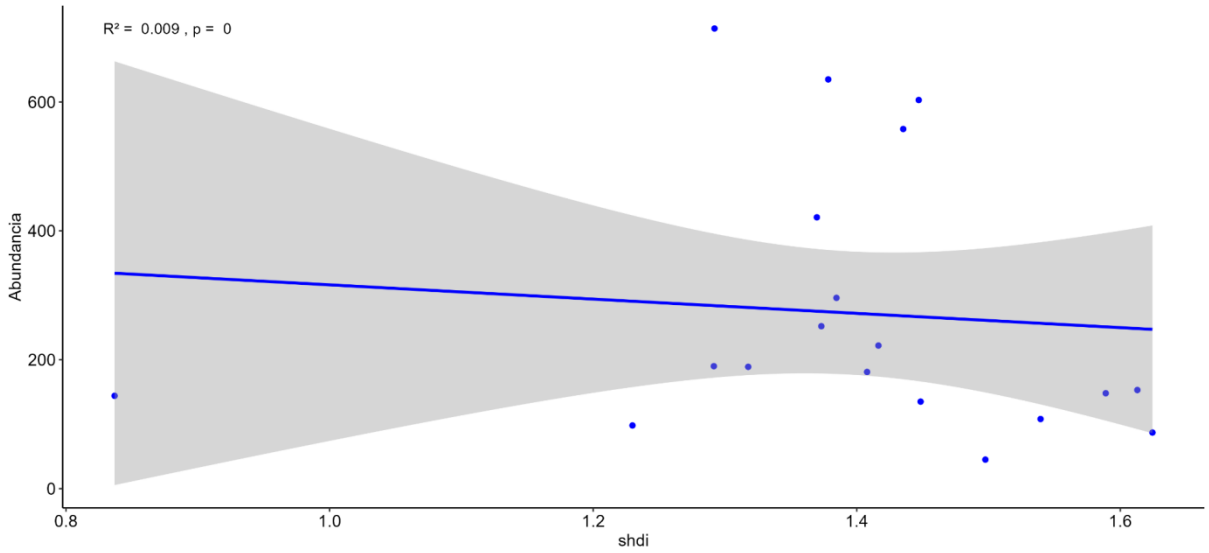
Fonte: Criação do Autor

Figuras 21: O gráfico representa a relação da variação do centroide com a distância de borda na *Apoica gelida* em poços de Caldas- MG



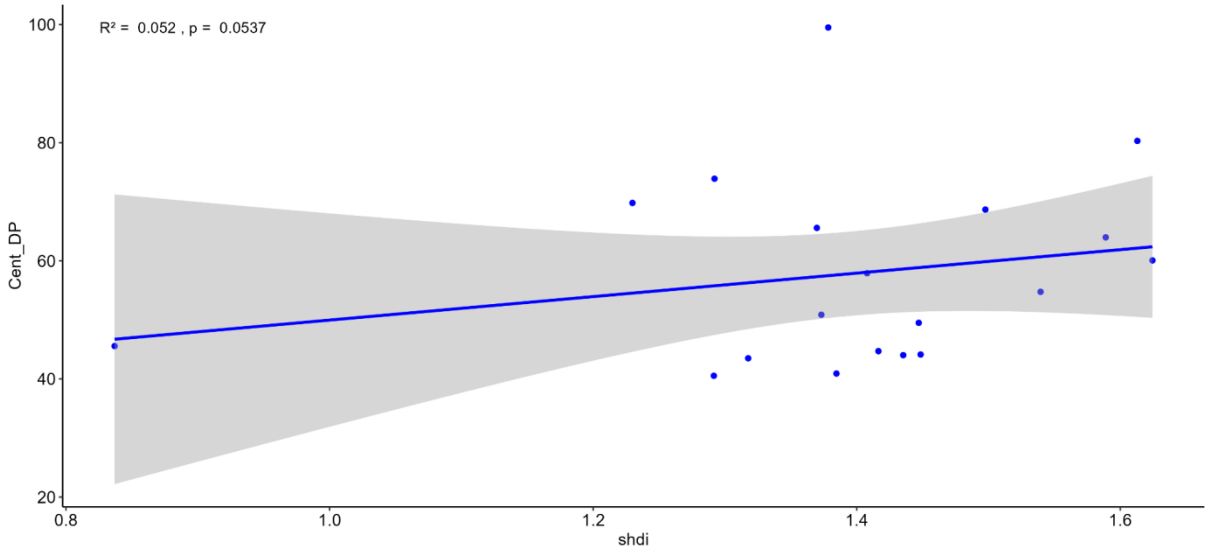
Fonte: Criação do Autor

Figuras 22: O gráfico representa a relação da abundância com a heterogeneidade da paisagem na *Apoica gelida* em poços de Caldas- MG



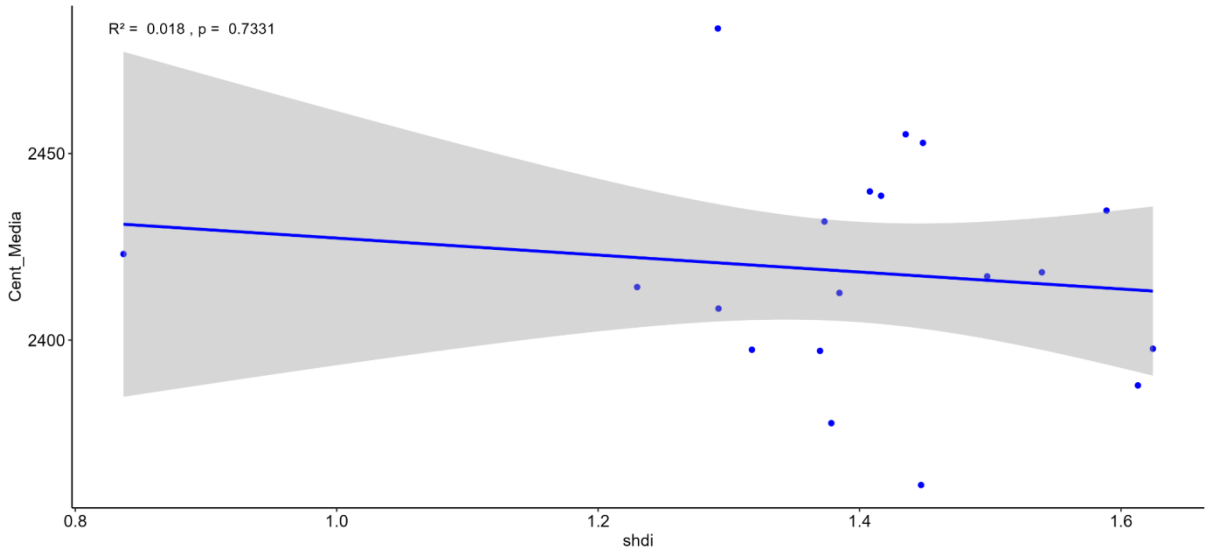
Fonte: Criação do Autor

Figuras 23: O gráfico representa a relação do desvio padrão com a heterogeneidade da paisagem com a distância de borda na *Apoica gelida* em poços de Caldas- MG



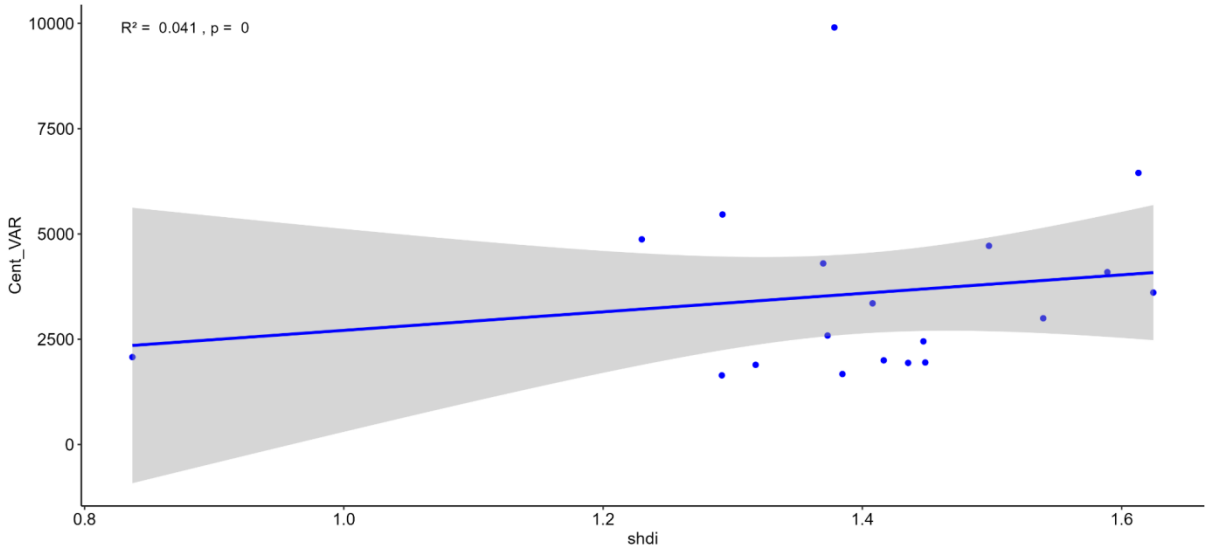
Fonte: Criação do Autor

Figura 24: O gráfico representa a relação da média do centroide com a heterogeneidade da paisagem na *Apoica gelida* em poços de Caldas- MG



Fonte: Criação do Autor

Figura 25: O gráfico representa a relação da variação do centroide com a heterogeneidade da paisagem sobre a *Apoica gelida* em poços de Caldas- MG



Fonte: Criação do Autor

Assinaturas:

Orientador: _____

Coorientador: _____

Aluno: _____