



**UFOP**

Universidade Federal  
de Ouro Preto

**Universidade Federal de Ouro Preto**  
**Instituto de Ciências Exatas e Biológicas**  
**Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente**  
**Laboratório de Biodiversidade**



**DEBIO**

Departamento de Biodiversidade,  
Evolução e Meio Ambiente

Bruna Raiary das Graças de Oliveira

**RESPOSTAS FUNCIONAIS A DISTÚRBIOS ANTRÓPICOS E A IMPORTÂNCIA  
DE TRAÇOS SELECIONADOS: UM ESTUDO DE CASO USANDO BESOUROS  
ROLA-BOSTA EM UMA ÁREA DEGRADADA.**

Ouro Preto

2023



**UFOP**

Universidade Federal  
de Ouro Preto

**Universidade Federal de Ouro Preto**  
**Instituto de Ciências Exatas e Biológicas**  
**Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente**  
**Laboratório de Biodiversidade**



**DEBIO**

Departamento de Biodiversidade,  
Evolução e Meio Ambiente

Bruna Raiary das Graças de Oliveira

**RESPOSTAS FUNCIONAIS A DISTÚRBIOS ANTRÓPICOS E A IMPORTÂNCIA  
DE TRAÇOS SELECIONADOS: UM ESTUDO DE CASO USANDO BESOUROS  
ROLA-BOSTA EM UMA ÁREA DEGRADADA.**

Monografia apresentada ao Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Yasmine Antonini

Coorientador: Hernani Alves Almeida

Ouro Preto

2023

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

O48r Oliveira, Bruna Raiary Das Graças de.  
Respostas funcionais a distúrbios antrópicos e a importância de traços selecionados [manuscrito]: um estudo de caso usando besouros rola-bosta em uma área degradada.. / Bruna Raiary Das Graças de Oliveira. - 2023.  
34 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Yasmine Itabaiana.  
Coorientador: Me. Hernani Almeida.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.  
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Graduação em Ciências Biológicas .

1. Restauração. 2. Dispersão de sementes. 3. Ecossistemas. 4. Recuperação ecológica. 5. Besouros. I. Itabaiana, Yasmine. II. Almeida, Hernani. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 632.76

Bibliotecário(a) Responsável: Luciana De Oliveira - SIAPE: 1.937.800



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Bruna Raiary das Graças de Oliveira**

### **RESPOSTAS FUNCIONAIS A DISTÚRBIOS ANTRÓPICOS E A IMPORTÂNCIA DE TRAÇOS SELECIONADOS: UM ESTUDO DE CASO USANDO BESOUROS ROLA-BOSTA EM UMA ÁREA DEGRADADA.**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas

Aprovada em 09 de agosto de 2023

#### Membros da banca

Dra. Yasmine Antonini – Presidente da banca - Universidade Federal de Ouro Preto  
Dr. Wallace Beiroz Imbrosio - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Dra Leidiane Pereira Diniz - Universidade Federal de Ouro Preto

Yasmine Antonini, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 10/08/2023



Documento assinado eletronicamente por **Yasmine Antonini Itabaiana, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/08/2023, às 13:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0569230** e o código CRC **1EDF2A1B**.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço e dedico, primeiramente, à minha família pelo apoio neste período tão importante da minha vida.

A minha orientadora, Yasmine Antonini, pela oportunidade, apoio, ensinamentos, incentivo e paciência.

Ao meu co-orientador, Hernani Almeida, pela grande contribuição em ter cedido suas amostras, apoio e ensinamentos.

A todos do laboratório de biodiversidade, aos professores, em especial a Eneida por ter cedido o uso da lupa e balança de precisão e a Edissa, por ter me auxiliado no uso dos instrumentos. Ao Wallace Beiroz e a Graziella França pela ajuda tão valiosa com o temido “R”.

As minhas bioamigas Aline e Ana Flávia que fizeram meus dias se tornarem mais leves e felizes.

Agradeço a CEMIG, P&D GT-0602 pelo financiamento das amostragens em campo.

Agradeço aos membros da banca, a Leidiane Diniz e Wallace Beiroz por todo conhecimento compartilhado e sugestões tão importantes para o meu trabalho.

À Universidade Federal de Ouro Preto, PRACE, PROEX e PROPPI pela bolsa de estudos, sem a qual seria muito difícil chegar aqui.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para que eu concluísse essa etapa.

## RESUMO

A degradação ambiental causada pelo homem tem afetado de maneira negativa todo o ecossistema. A restauração de ambientes perturbados é difícil, principalmente quando ocorre a retirada da vegetação nativa e de camadas do solo. Com isso, o sucesso na restauração depende diretamente dos organismos envolvidos e das características do ambiente. Os besouros rola-bosta são invertebrados que desempenham um importante papel no processo de restauração através de serviços ecossistêmicos como a dispersão secundária de sementes. Os dispersores secundários de sementes são organismos que desempenham um papel fundamental na regeneração de ecossistemas naturais. Eles são responsáveis por transportar sementes de plantas de um local para outro, através dos excrementos dos mamíferos. Isso é especialmente importante em áreas onde a degradação ambiental causou a fragmentação dos habitats e a redução da capacidade de regeneração natural. Para isso, a análise de traços selecionados envolvidos no processo de dispersão é de suma importância. Nesse estudo, analisamos a diversidade funcional dos besouros presentes na área degradada e em uma área de referência próxima e verificamos que a riqueza funcional é maior na área degradada, enquanto a divergência funcional é maior na área referência. Além disso, encontramos maior riqueza e abundância de besouros na área degradada e maiores médias ponderadas relacionadas aos traços selecionados dos espécimes presentes na área degradada. Portanto, a presença dos besouros rola-bosta no ambiente degradado pode aumentar potencialmente o sucesso nos processos de restauração ambiental através da dispersão secundária de sementes.

**Palavras-chaves:** restauração, dispersão de sementes, besouros rola-bosta, traços selecionados.

## **ABSTRACT**

The environmental degradation caused by humans has negatively affected the entire ecosystem. The restoration of disturbed environments is challenging, especially when the removal of native vegetation and soil layers occurs. As a result, success in restoration directly depends on the involved organisms and environmental characteristics. Dung beetles are invertebrates that play an important role in the restoration process through ecosystem services such as secondary seed dispersal. Secondary seed dispersers are organisms that play a crucial role in the regeneration of natural ecosystems. They are responsible for carrying plant seeds from one location to another through the excrement of mammals. This is particularly important in areas where environmental degradation has led to habitat fragmentation and reduced natural regeneration capacity. Thus, the analysis of selected traits involved in the dispersal process is of paramount importance. In this study, we analyzed the functional diversity of beetles present in the degraded area and a nearby reference area, finding that functional richness is higher in the degraded area, while functional divergence is greater in the reference area. Furthermore, we found greater richness and abundance of beetles in the degraded area, along with higher weighted means related to the selected traits of the specimens present in the degraded area. Therefore, the presence of dung beetles in the degraded environment can potentially enhance the success of environmental restoration processes through secondary seed dispersal.

**Keywords:** Restoration, seed dispersal, dung beetles, selected traits.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	8
<b>1.1 Introdução</b> .....	12
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	14
<b>2.1 Área de estudo</b> .....	14
<b>2.2 Amostragem dos Besouros Rola-Bosta</b> .....	14
<b>2.3 Análise dos Besouros Rola-Bosta</b> .....	15
<b>2.4 Cálculos das métricas de diversidade:</b> .....	16
<b>3. RESULTADOS</b> .....	17
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	23
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	26
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	27
<b>7. MATERIAL SUPLEMENTAR</b> .....	32

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O uso e consumo indiscriminado dos recursos naturais realizado pelo homem está deteriorando o meio ambiente prejudicando todo o ecossistema, não somente em escala local, mas também globalmente. Essa degradação não afeta somente os ecossistemas e sua biodiversidade de forma negativa, compromete também a viabilidade da permanência humana na terra (Chapin et al., 2000; de Bello et al., 2010). A degradação ambiental pode ser definida como o processo de deterioração sofrida pelo meio ambiente como resultado do esgotamento de seus recursos naturais devido à sobre-exploração a que estão sujeitos, causando assim, a destruição dos ecossistemas e de sua biodiversidade (Jacobi, 2003). As consequências da degradação ambiental se tornam cada vez mais preocupantes, pois, em alguns casos, são irreversíveis, como, perda da qualidade da água e solo, destruição dos ecossistemas e meio ambiente, aumento de doenças, extinção e deslocamento de espécies, aumento dos gases de efeito estufa (Ceballos et al., 2017).

A degradação ambiental causada pelas atividades humanas, faz com que haja uma diminuição na diversidade biológica (Tittensor et al., 2014) e com isso, pode ocorrer a perda de funções ecossistêmicas importantes (Ceballos et al., 2017). O Cerrado é considerado o bioma tropical mais impactado pelas atividades humanas (Beuchle et al., 2020), uma vez que, até o ano de 2002, cerca de 55% de sua vegetação foi transformada em pastagens, áreas urbanas e agrícolas (Machado et al., 2004). Quando uma área é desmatada, ocorrem graves mudanças ambientais, tais como aumento na oscilação na temperatura do ar e do solo e mudança no suprimento de recurso alimentar para diferentes espécies de animais (Rambaldi & Oliveira, 2003). Além dos impactos causados pela conversão das coberturas de solo, como pelas atividades agrícolas, o setor hidrelétrico também gera impactos para o ecossistema além daqueles causados pela inundação de áreas extensas (Ferreira et al., 2007). Isso porque, para a construção de uma barragem hidrelétrica, é necessário, além da retirada total da vegetação original, realizar a retirada de grande quantidade de solo, levando assim, a uma grande exposição, compactação, perda de matéria orgânica e baixa disponibilidade de nutrientes no solo (Antonini et al., 2021). O impacto causado pela supressão da vegetação e retirada do solo, pode causar uma grande redução da fauna de invertebrados, incluindo os artrópodes de solo com a conseqüente perda de funções ecossistêmicas (Collof et al., 2010).

É possível reverter o processo de degradação através da cessão do distúrbio e abandono da área (regeneração natural), ou por um processo assistido que visa auxiliar a recuperação de um ecossistema degradado (restauração ecológica) (SER, 2004). Porém, devido a esses grandes processos de degradação, a restauração e regeneração natural do solo se torna difícil (Rodrigues, 2013). No Cerrado, há uma maior dificuldade para a restauração, uma vez que, as condições são restritivas, sendo necessário assim, considerar fatores como, características do solo, custos envolvidos e tipos de técnicas utilizadas, para assim, realizar a implementação de um projeto de restauração (Durigan, 2013). É importante utilizar métodos que busquem diminuir o tempo e recurso gasto no processo de restauração (Ferreira et al., 2007), para que assim, haja um aumento na cobertura vegetal proporcionando uma oferta de alimento e habitats para a manutenção do ecossistema (Almeida et al., 2021). Uma forma de minimizar o impacto e ajudar na recuperação dos ambientes degradados, é através dos dispersores secundários de sementes, como por exemplo, os besouros rola-bosta que ao rolarem e enterrarem os excrementos de mamíferos que contenham sementes, isso ajuda no sucesso da germinação das sementes ali presentes.

No Brasil, até o ano 2000, foram registradas 618 espécies, distribuídas em 49 gêneros, e cerca de 323 são endêmicas do país (Vaz-de-Mello, 2000). No entanto, acredita-se que esse número seja superior a 1200 espécies, uma vez que, faltam dados de muitas regiões (Vaz-de-Mello, 2000). Eles são invertebrados e desempenham um papel importante na remoção de esterco animal e na dispersão de sementes presentes no esterco. Possuem comportamento variado para a aquisição e enterrio de esterco, podendo enterrar diretamente sob o depósito de esterco ou rolar a bola de esterco por vários metros. O transporte do recurso alimentar a um local distante da fonte original, evita a competição com outros grupos de animais que utilizam os mesmos recursos (Hanski & Cambefort, 1991). Os rola-bosta são divididos em três guildas tróficas distintas, cada qual com implicações para as funções ecológicas. Os paracoprídeos, também conhecidos como “escavadores”, enterram o recurso para a ninhada em câmaras verticais nas proximidades da área do depósito original (Lumaret et al., 1992). Os telecoprídeos, também conhecidos como "roladores", fazem bolas com o recurso e as rolam para locais distantes da fonte do recurso e de outros besouros, e escondendo-as sob o solo (Lumaret et al., 1992). Já os endocoprídeos, conhecidos como “residentes”, vivem e se alimentam no interior do recurso (Hanski & Cambefort, 1991; Lumaret et al., 1992; Nichols et al., 2008). As diferentes guildas dos escarabeídeos para obtenção de alimento facilitam a coexistência entre espécies diferentes (Hanski & Cambefort, 1991).

Os rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) são um grupo de insetos com distribuição global, com sua maior diversidade em florestas tropicais e savanas (Hanski & Cambefort, 1991). São importantes dispersores secundários, uma vez que, contribuem para a sua sobrevivência e germinação (Andresen & Feer, 2005). A dispersão ocorre quando os besouros juntam o esterco que será utilizado para alimentação ou nidificação e movem e/ou enterram algumas das sementes, (Andresen & Feer, 2005), reduzindo a predação e a mortalidade, melhorando na germinação e desenvolvimento (Andresen & Levey, 2004). A importância ecológica dos rola-bostas tem como base os diferentes processos ecológicos que desempenham, como por exemplo: (a) ciclagem de nutrientes (quando enterram as fezes de mamíferos) A ciclagem de nutrientes consiste na transferência de material orgânico recém-depositado, principalmente esterco de grandes mamíferos abaixo da superfície do solo, realocando fisicamente os nutrientes (P, K, N, Ca e Mg) e promovendo mudanças nas camadas superiores do solo (Nichols et al., 2008); (b) bioturbação (mistura de partículas tanto de origem animal quanto vegetal) que pode influenciar na biodiversidade do solo, disponibilidade de nutrientes e facilitar a infiltração da água devido a aeração proporcionada; (c) dispersão secundária de sementes contidas no excremento removido. (Nichols et al., 2008).

A perda, alteração e fragmentação de florestas, está acarretando a extinção local de muitos táxons, principalmente, nas comunidades de rola-bosta restritas a florestas (Nichols et al., 2007). Uma paisagem fragmentada tem uma composição de espécies de escarabeídeos parcialmente diferente que uma paisagem de floresta não modificada (Halffter & Arellano, 2002). A riqueza e abundância dos rola-bosta é muito influenciada pela temperatura e pluviosidade do local. A riqueza de espécies é um fator importante que deve ser considerado, entretanto, outros parâmetros devem ser utilizados em conjunto, dentre eles, a biomassa, tamanho médio das espécies em cada hábitat e também de indivíduos da mesma espécie estando em hábitats diferentes, assim como a composição de espécies para auxiliar na interpretação das respostas das comunidades frente às mudanças na estrutura do ambiente natural.

De maneira geral, o serviço de dispersão de sementes de um ecossistema depende diretamente dos organismos envolvidos no processo e de seus traços funcionais, como o tamanho do corpo, a capacidade de busca por alimentos e os padrões de suas atividades ao longo do dia. (de Bello et al., 2010). A diversidade funcional pode ser definida como o valor, alcance, distribuição e abundância relativa de características funcionais de indivíduos que pertencem a um ecossistema (Díaz et al., 2007). Com a utilização de medições de vários traços morfológicos,

fisiológicos e da história de vida que interferem na atividade biológica dos indivíduos (traços funcionais), é possível realizar medições que apresentam as variadas estratégias de vida das espécies, para que assim, seja possível prever a resposta que o organismo terá diante de impactos ambientais (Sarmiento-Garcés et al., 2021). Assim, poderia compreender qual seria o possível impacto na estruturação de comunidades e processos ecossistêmicos (Mouillot et al., 2013). Logo, a diversidade funcional proporciona um mecanismo capaz de aproximar as relações causais existentes entre fatores que provocam mudanças ambientais relacionadas a biodiversidade, funcionamento ecológico e serviços ecossistêmicos (Mouchet et al., 2010). Com isso, os besouros rola-bosta são um bom modelo para estudos de diversidade funcional devido à sua alta plasticidade fenotípica, ou seja, possuem capacidade de alterar a sua morfologia ou fisiologia de acordo com as condições ambientais e disponibilidade de recursos (Marteleto et al., 2009). Índices da diversidade funcional são baseados em características de espécies encontradas em uma comunidade e expressam a extensão das diferenças funcionais entre espécies no espaço multidimensional (Petchey e Gastão, 2006; Mouchet et al., 2010). A alta diversidade funcional pode representar maior resistência do ecossistema à perturbação e níveis mais elevados de funcionamento do ecossistema (Montoya et al., 2012).

Os besouros rola-bosta são sensíveis a impactos antrópicos (Nichols et al., 2007), ou seja, ações realizadas pelo homem. Eles respondem de forma rápida quando ocorre a destruição, fragmentação e isolamento de florestas (Halfpter & Arellano, 2002). Com isso, são constantemente utilizados como indicadores da qualidade do habitat (Gardner et al., 2008), uma vez, as mudanças ambientais podem causar alterações na estrutura e composição das assembleias, dessa forma, é frequente encontrar uma reduzida diversidade de espécies em áreas fragmentadas ou degradadas, quando comparadas a áreas conservadas (Gardner et al., 2008). Além disso, a sua utilização para avaliar os distúrbios ecológicos possuem um baixo custo, alto desempenho e certa facilidade na identificação de espécies (Gardner et al., 2008). Certas espécies apresentam uma elevada especificidade de habitat, tornando-se incapazes de expandir suas populações para áreas abertas. (Almeida & Louzada, 2009). Estas acabam sendo fortemente influenciadas pela fragmentação e perda de habitat, podendo ter sua distribuição restrita ou mesmo ser extinta daquele local (Hernández & Vaz-de-Mello, 2009). Neste trabalho, investigamos se a degradação de áreas naturais pode alterar a riqueza funcional de besouros rola-bosta, além de verificar se haveria alterações nos atributos funcionais relacionados à dispersão secundária de sementes dos espécimes presentes em uma área referência caracterizada pela presença de floresta estacional semidecidual e degradada.

## 1.1 INTRODUÇÃO

As ações antrópicas têm afetado a conservação e a distribuição dos organismos, influenciando na prestação de serviços ecossistêmicos (Chapin et al., 2000, de Bello et al., 2010). Não apenas devido à diminuição da diversidade biológica, mas também devido à perda e/ou alterações de traços funcionais nas comunidades, serviços essenciais como a polinização (Greenleaf et al., 2007) e dispersão de sementes (Podgaiski et al., 2011) podem ser afetados.

Traços funcionais compreendem aquelas propriedades que influenciam fortemente no desempenho no ambiente (McGill et al., 2006), são as características dos organismos que refletem suas respostas ao ambiente, fazendo uma ligação com sua atividade e função (Podgaiski et al., 2011). Espécies são agrupadas de acordo com seus traços para uma melhor compreensão de mecanismos gerais ou complexos e, neste sentido, um tipo funcional constituiria um conjunto de espécies que exibem respostas similares às condições ambientais ou possuem efeitos semelhantes em determinados processos ecossistêmicos (Hooper et al., 2005). No caso de invertebrados, os atributos incluem aspectos relacionados à morfologia/fisiologia, como tamanho do corpo e dos apêndices, tipo e tamanho de asas e aparelho bucal, ciclo de vida, reprodução, respiração, comportamento alimentar (hábitos, tipo de recurso utilizado, estratégia de captura do recurso, generalista ou especialista), uso e especialização do habitat, estratégias de fuga de predadores e de condições ambientais severas, entre outros (Podgaiski et al., 2011).

Os besouros (Coleoptera: Scarabaeinae), conhecidos como besouros rola-bosta são importantes dispersores secundários de sementes (Nichols et al., 2008). São amplamente reconhecidos por suas preferências alimentares por fezes de mamíferos e pelo comportamento peculiar de fazer e rolar bolas de estrume. Podem ser divididos em três guildas tróficas distintas, de acordo com o modo que adquire e manipula o recurso. Os paracoprídeos, também conhecidos como “escavadores”, enterram o recurso para a ninhada em câmaras verticais nas proximidades da área do depósito original (Lumaret et al., 1992). Os telecoprídeos, também conhecidos como “roladores”, fazem bolas com o recurso e as rolam para locais distantes da fonte do recurso e de outros besouros, e escondendo-as sob o solo (Lumaret et al., 1992). Já os endocoprídeos, conhecidos como “residentes”, vivem e se alimentam no interior do recurso (Hanski & Cambefort, 1991; Lumaret et al., 1992; Nichols et al., 2008). A dispersão das sementes ocorre quando os besouros rola-bosta movem e/ou enterram algumas das sementes, enquanto junta o esterco que será utilizado para alimentação ou nidificação (Andresen & Feer, 2005). Isso ajuda

a reduzir a predação e a mortalidade das sementes, melhorando ainda a germinação e o desenvolvimento (Andresen & Levey, 2004). Ao utilizarem os excrementos dos mamíferos para se alimentar ou construir seus ninhos, as sementes ali presentes possuem maior probabilidade de germinação, devido ao fato de diminuir a chance de predação e dos coleópteros proporcionarem um ambiente adequado quando ocorre o enterrio (Andresen & Feer 2005). Os besouros rola-bosta são relevantes nesse processo de restauração que visa, entre outras coisas, retomar as funções de um ambiente não-degradado. (Gandolfi & Rodrigues 2007). O monitoramento da biodiversidade sob a perspectiva funcional complementa os indicadores tradicionais taxonômicos (como riqueza e diversidade de espécies), proporcionando uma visão mais abrangente dos efeitos de um determinado distúrbio. (Gerisch et al., 2011).

Diante disso, para que as funções ecológicas desempenhadas pelos besouros rola-bosta sejam realizadas durante a restauração de áreas degradadas, alguns traços funcionais devem ser levados em consideração, por exemplo, as características morfológicas como massa corpórea e tamanho das pernas influenciam no enterrio das sementes (Andresen 2001; Griffiths et al., 2015). Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo verificar a relação entre os traços funcionais e riqueza funcional dos besouros rola-bosta em uma área degradada e uma área referência e para isso, testamos as seguintes hipóteses: (i) áreas degradadas apresentam uma menor diversidade funcional de besouros rola-bosta, quando comparadas com a área referência, (ii) há uma perda de traços funcionais dos besouros rola-bosta em áreas degradadas em comparação com a área referência.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 ÁREA DE ESTUDO**

As coletas foram realizadas em janeiro de 2019, em uma área impactada pela retirada do solo para a construção da barragem da Usina Hidrelétrica de Emborcação, situada no município de Catalão, no estado de Goiás (18°26'0,00" S e 47°56'57,41" O). A região possui uma vegetação caracterizada pela transição entre o Cerrado e a Mata Atlântica, com o clima do tipo Aw, segundo classificação Köppen, onde o período chuvoso ocorre no verão e o período de seca no inverno (Cardoso et al., 2014). A precipitação pluviométrica média é de 1.500 mm e a temperatura média nos últimos 18 anos é de 23°C (Almeida, et al., 2021). Foram amostrados dois habitats diferentes, denominados área de referência, que também passa por processos de degradação, como a pecuária, a área é caracterizada pela presença de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual totalizando 98 ha (Mastella et al., 2019) e uma área degradada pela remoção de uma camada de 5m de solo. Após a remoção das camadas do solo, houve a intervenção e tentativa de recuperação dessa área, mas sem sucesso, restando cerca de 65% da área ainda com o solo exposto (Manual Técnico para Restauração Ambiental Aplicado à Áreas de Empréstimo para Construção de Barragens, com Ênfase na UHE Emborcação, 2022).

### **2.2 AMOSTRAGEM DOS BESOUROS ROLA-BOSTA**

Para realizar a coleta dos espécimes, foram utilizadas armadilhas do tipo pitfall iscadas com uma mistura de fezes humanas e suínas (Marshall et al. 2013). Os recipientes utilizados como pitfall possuíam 15 centímetros de diâmetro e 9 centímetros de profundidade. Estes foram enterrados ao nível do solo, ficando expostos por 48 horas, sendo as iscas renovadas a cada 24 horas. Para proteger as armadilhas, foram utilizadas tampas de 10 cm acima da abertura, evitando assim, a incidência direta do sol e chuva. Foram utilizados 11 transectos em cada habitat estudado, considerado a unidade amostral, e em cada transecto foram colocadas 3 armadilhas com uma distância de 50 metros entre si (Almeida et al., 2021). Os besouros coletados foram armazenados e transportados em álcool 70% e colocados em estufa durante 48 horas em uma temperatura de 60°C até que atingissem peso constante. A identificação foi

realizada através do uso da chave de identificação de (Vaz-de-Mello et al., 2011) e comparação com a coleção referência da Universidade Federal de Mato Grosso (Laboratório de Scarabaeidologia).

### **2.3 ANÁLISE DOS BESOUROS ROLA-BOSTA**

Para realizar as análises, os espécimes capturados foram medidos em lupa Zeiss zen utilizando o software Zeiss zen e pesados em balança de precisão com quatro casas decimais.

Os traços funcionais escolhidos para avaliar a capacidade de dispersão secundária de sementes realizada pelos besouros foram as medidas: (a) volume do pronoto, traço envolvido na escavação. Os músculos da perna da frente estão inseridos nessa região, e a altura do pronoto reflete diretamente no tamanho da fibra muscular usada para mover a perna (Pessôa et al., 2017). (b) Área Perna Dianteira; (c) Comprimento Perna Dianteira, a perna da frente é usada principalmente para escavar não apenas o solo, mas também as fezes (Pessôa et al., 2017). (d) Comprimento Perna Traseira; A última perna está relacionada ao comportamento de rolamento. Ele serve como um controle de direção e é usado para dar velocidade à bola (Pessôa et al., 2017). (e) Peso; pode refletir o custo de desenvolvimento, a quantidade de recurso utilizado, vantagens competitivas, sucesso de acasalamento, quantidade de dispersão secundária de sementes, tamanho máximo de dispersão de sementes, capacidade de solos compactados rotativos, substitutos à força (Pessôa et al., 2017).

Após realizar as pesagens e medições do material, todos os dados foram inseridos em uma planilha no excel e em seguida, calculamos riqueza e abundância e além disso, utilizando o software R foram realizadas as análises estatísticas referentes à abundância e aos traços funcionais. Calculamos os seguintes índices: FRic (riqueza funcional); FEve (uniformidade funcional); FDiv (divergência funcional) e FDis (dispersão funcional).

## 2.4 CÁLCULOS DAS MÉTRICAS DE DIVERSIDADE:

Foram utilizadas quatro características, sendo elas: volume do pronoto, área perna dianteira; comprimento perna dianteira, comprimento perna traseira e peso para calcular quatro métricas de diversidade usando como base o artigo Laliberté et al., 2012 utilizando o software R, com as análises de variância (ANOVA) e Modelo Linear Generalizado (GLM) poisson e foi utilizado o pacote dbFD.

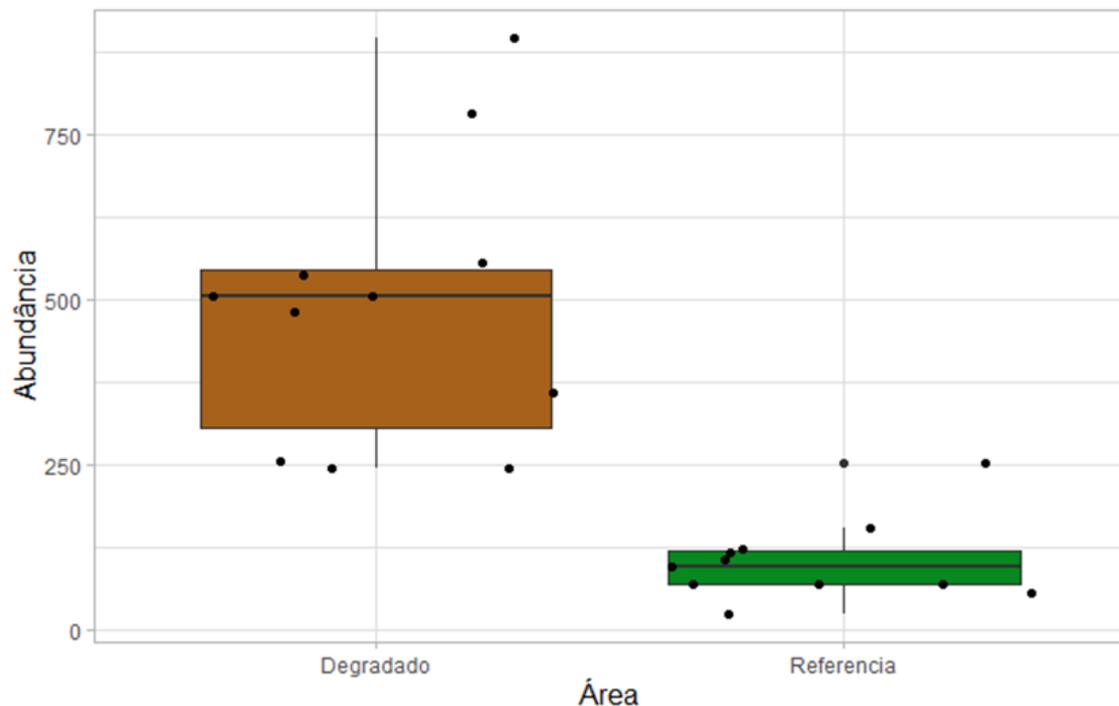
Cada uma das métricas escolhidas descreve um aspecto funcional diferente dentro da comunidade.

- FRic (riqueza funcional): Representa a quantidade de espaço funcional preenchido pela comunidade (Villéger et al., 2008).
- FEve (uniformidade funcional): Refere-se à regularidade no espaçamento e na abundância das espécies em relação às características funcionais (Villéger et al., 2008).
- FDiv (divergência funcional) : Refere-se à distribuição das abundâncias no espaço de características funcionais em relação a um centróide ponderado pela abundância. A divergência funcional analisa como as espécies estão distribuídas ao longo do espectro das características funcionais e se há uma tendência de especialização em certas áreas desse espectro (Villéger et al., 2008).
- FDis (dispersão funcional): Refere-se à análise de como as espécies estão distribuídas em relação à sua abundância e ao espaço físico que ocupam (Laliberté e Legendre 2010).

Além disso, realizamos os cálculos da média ponderada (CWM) referentes aos traços funcionais e verificamos correlações significativas para o peso, volume do pronoto, área da perna dianteira e diferença entre perna traseira e dianteira.

### 3. RESULTADOS

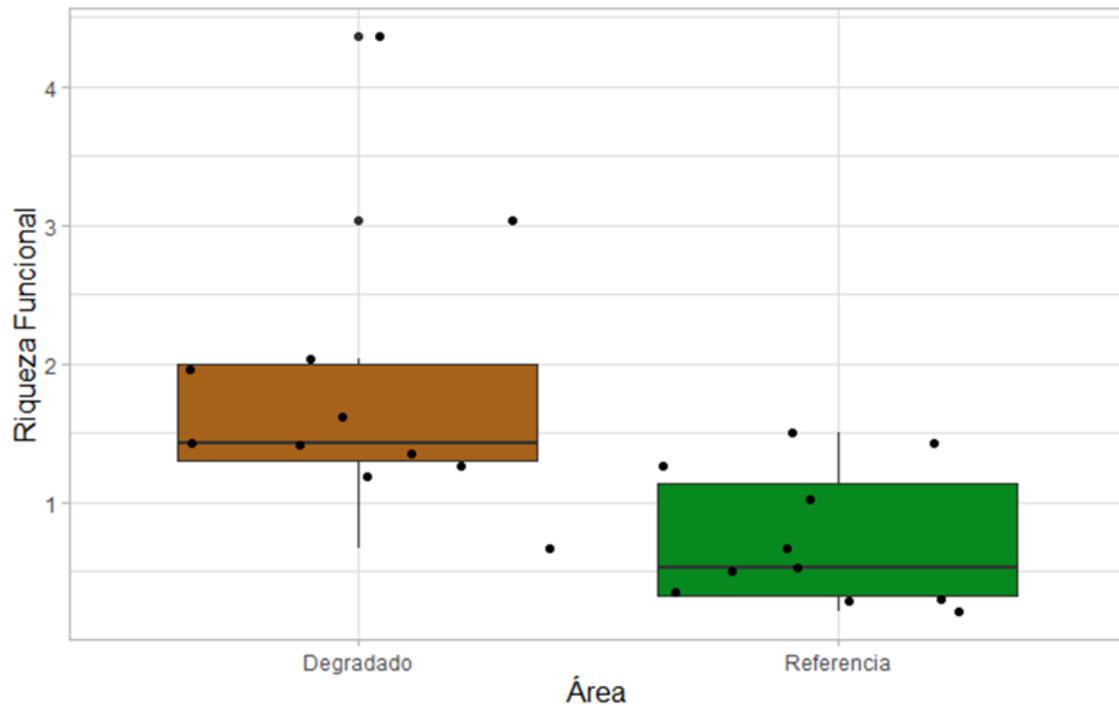
Foram coletados 7.716 indivíduos de 18 gêneros e 41 espécies, no entanto para o estudo de diversidade funcional foram utilizados 711 indivíduos de 36 espécies de besouros rola bosta. Destes, 390 indivíduos de 28 espécies foram registrados na área degradada e 321 indivíduos de 20 espécies na área de referência. Oito espécies foram encontradas somente na área de referência, como por exemplo, *Canthidium sp*, *Deltochilum enceladus* e *Dichotomius aff cuprinus*, enquanto espécies como, *Canthon lituratus*, *Ontherus apendiculatus* e *Oxysternon palaemon* só foram encontradas na área degradada.



**Figura 1.** Box plot mostrando a abundância de espécies encontradas no ambiente degradado e referência na região da UHE de Emborcação, Catalão, Goiás.

Os valores da diversidade funcional foram comparados entre as duas áreas. A partir das análises realizadas, verificamos que há diferença na diversidade de atributos funcionais presentes nas comunidades de besouros rola-bosta. ( $F=10,514$   $p=0,004^{**}$ ). Como mostrado na

figura 2, a maior riqueza funcional está presente na área degradada



**Figura 2. Box plot mostrando a relação entre a riqueza funcional no ambiente degradado e de referência na região da UHE de Emborcação, Catalão, Goiás.**

Verificamos ainda, uma relação significativa entre na Divergência Funcional ( $F=8,7344$   $p=0,008^{**}$ ) entre as áreas. Como mostrado na figura 3, na área de referência, a divergência funcional é significativamente maior.

Não houve relações significativas entre as áreas e Uniformidade funcional e dispersão funcional. Verificamos diferenças significativas do peso dos besouros entre as áreas de referência e o ambiente degradado ( $F=19,697$   $p=0,002^{***}$ ), como demonstrado na figura 4, os besouros que possuem maior peso, estão presentes na área de referência.

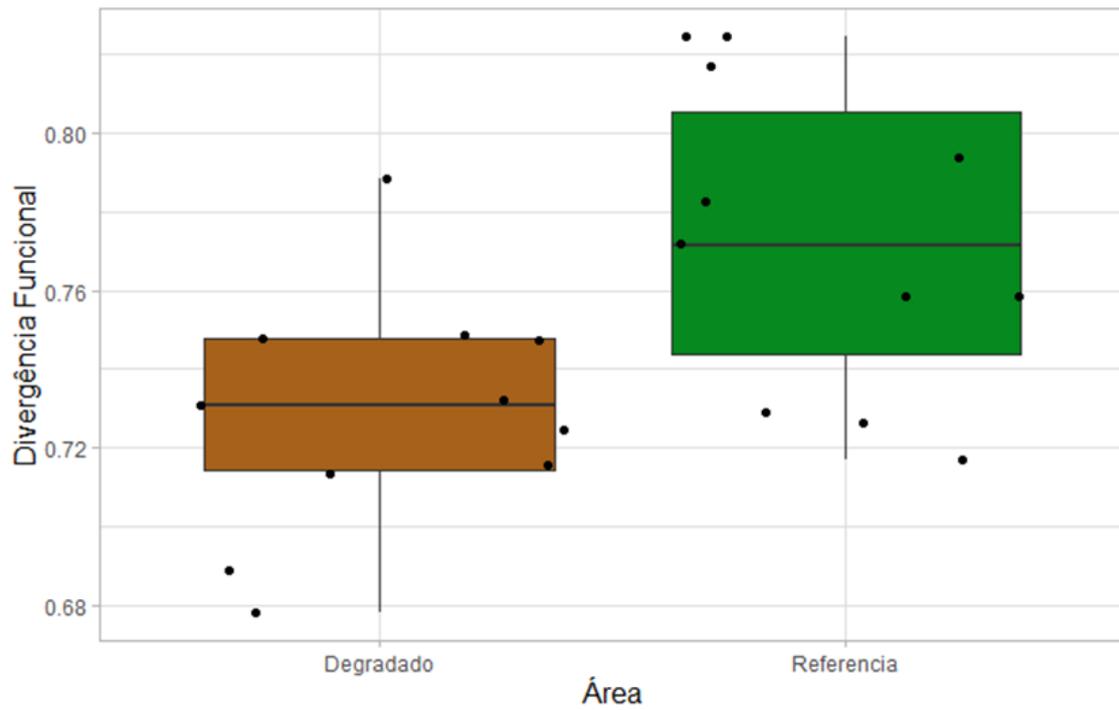


Figura 3. Box plot demonstrando a relação entre a divergência funcional no ambiente degradadas e de referência na região da UHE de Emborcação, Catalão, Goiás.

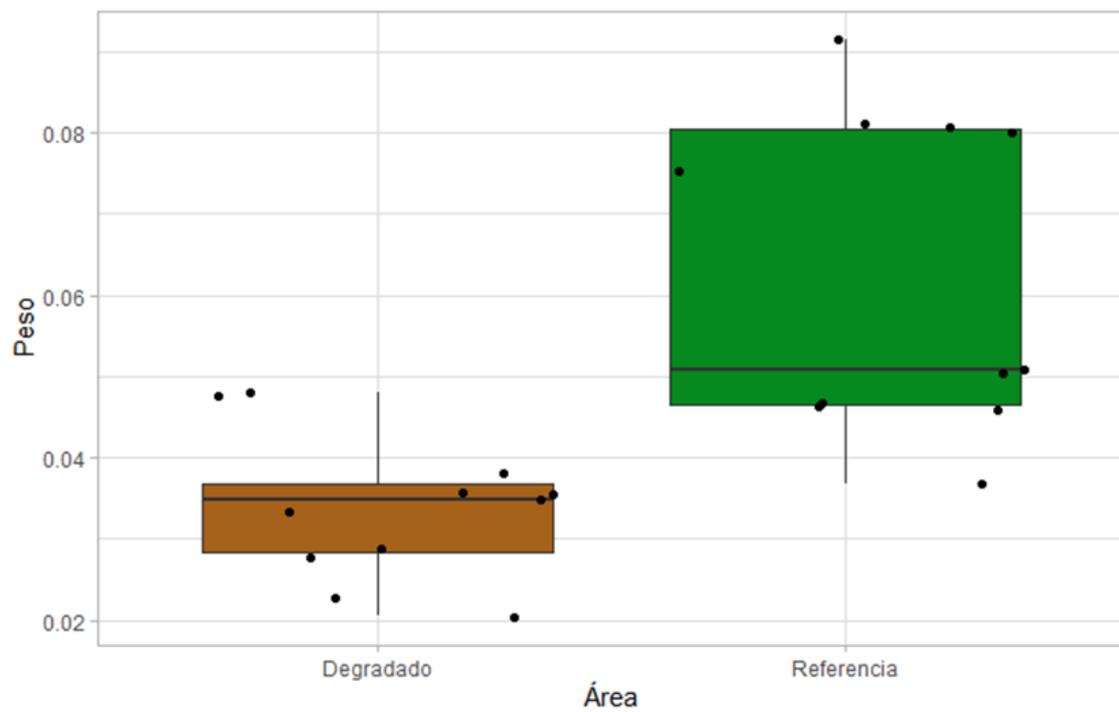
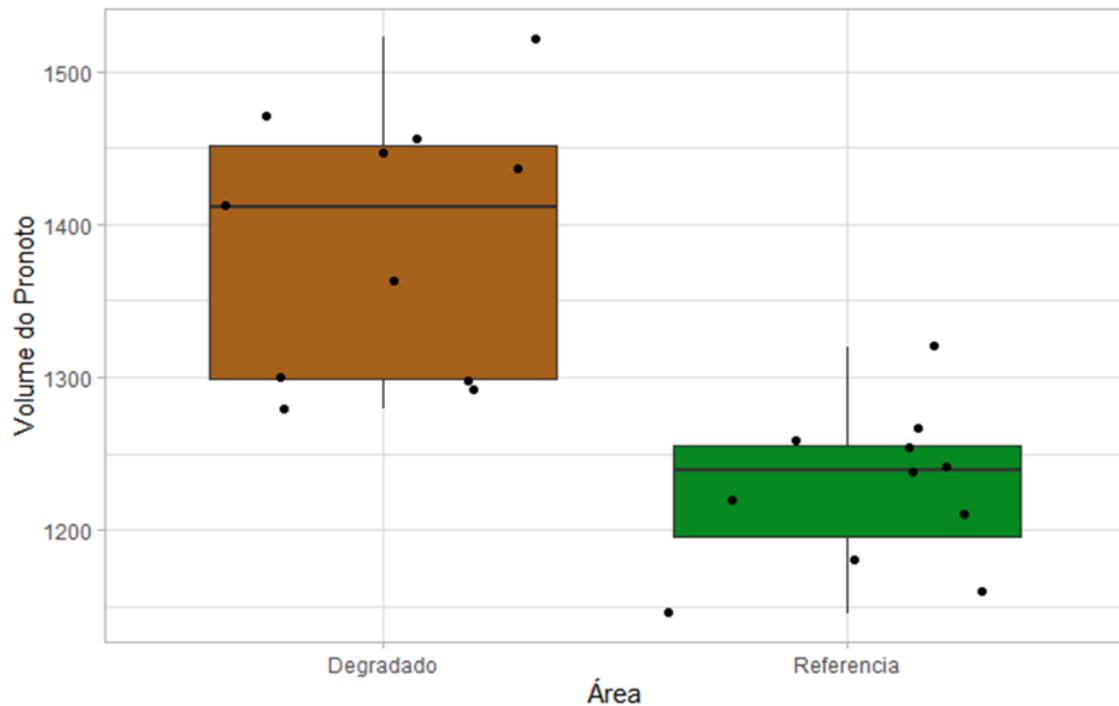


Figura 4. Box plot da média ponderada (CWM) do peso dos besouros no ambiente degradado e de referência na região da UHE de Emborcação, Catalão, Goiás.

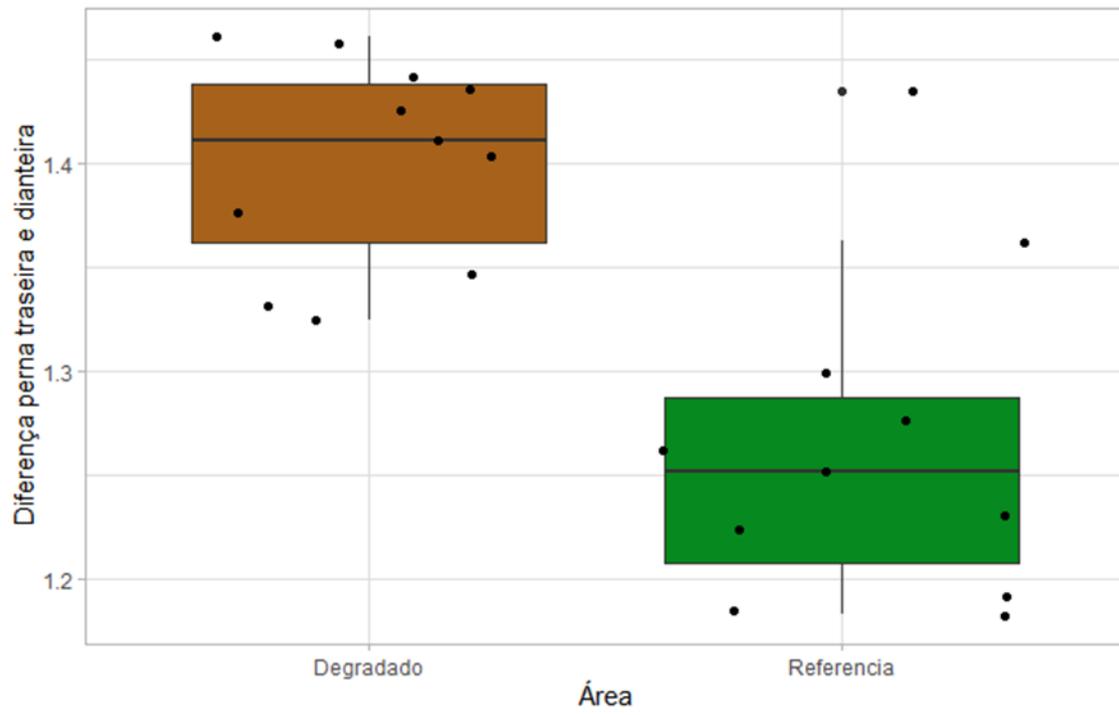
Verificamos diferenças significativas do volume do pronoto dos besouros entre as áreas de referência e degradada ( $F= 29,08$   $p=2,807e-05^{***}$ ), como mostrado na figura 5, os besouros que possuem um maior volume do pronoto estão presentes na área degradada.



**Figura 5.** Box plot da média ponderada (CWM) do volume do pronoto dos besouros no ambiente degradado e de referência na região da UHE de Emborcação, Catalão, Goiás.

Verificamos ainda diferenças significativas da área da perna dianteira dos besouros entre as áreas de referência e degradada ( $F=51,079$   $p=6,356e-07^{***}$ ), como mostrado na figura 6, os besouros que possuem maior área da perna dianteira estão presentes na área degradada.





**Figura 7.** Box plot da média ponderada (CWM) da diferença entre as pernas traseira e dianteira dos besouros no ambiente degradado e referência.

#### 4. DISCUSSÃO

A riqueza e abundância de besouros rola bosta variou pouco entre o ambiente degradado e o de referência, porém maiores valores de riqueza e abundância foram verificados no ambiente degradado. Conforme esperado, verificamos que a riqueza funcional se relaciona com a riqueza de espécies (Mason et al., 2005), em ambos os ambientes estudados. Além da diversidade funcional, verificamos ainda as relações entre as áreas analisadas e os traços funcionais dos besouros rola-bosta.

Embora a riqueza de espécies nas duas áreas seja bastante parecida, com a área degradada apresentando apenas oito espécies a mais, os besouros encontrados na área degradada possuem uma diversidade funcional maior quando comparado com a área referência, ou seja, dentre as espécies que ocorrem na área degradada, encontramos espécimes que possuem uma maior variedade de traços funcionais. Apesar de ser o oposto do esperado, esse é um ponto positivo quando se pensa na restauração ambiental. Apesar da área ter passado por um grande processo de perturbação, onde toda a vegetação e camadas do solo foram retiradas, ainda assim possuímos diversos besouros que desempenham importantes funções ecossistêmicas para restauração daquele ambiente. Os animais presentes na área degradada possuem importantes traços, como por exemplo, volume do pronoto maior, que ajudam no transporte, escavação e enterrio dos excrementos e possuem pernas traseiras e dianteiras maiores que facilitam rolar o excremento com sementes para uma distância maior, aumentando assim, a possibilidade de sucesso na germinação.

Ao contrário do esperado, verificamos que a área degradada possui uma maior riqueza funcional (FRic). Os valores da FRic são expressos em uma escala de 0 a + infinito, sendo que o valor máximo é restrito ao número de espécies presentes em uma comunidade (Villéger et al., 2008). Assim, os índices de FRic fornecem uma representação da riqueza de espécies e seus atributos funcionais dentro de uma comunidade (Villéger et al., 2008). Ou seja, quanto maior o número de espécies, mais amplo é o espaço funcional ocupado por essas espécies na comunidade. A área degradada revela-se como uma fonte significativa de riqueza funcional e abundância, o que pode ser atribuído à presença de espécies tolerantes a habitats simplificados (Bitencourt et al., 2019). Contudo, deve-se considerar que a degradação do solo exerce um impacto negativo nas assembleias de escaravelhos (Nichols et al., 2007), o que sugere que espécies mais adaptadas a habitats degradados, com menor diversidade de recursos alimentares,

prosperem em maior número, em detrimento daquelas mais especializadas nos habitats naturais (Silva et al., 2014).

Além disso, o fornecimento acelerado de recursos na área degradada pode contribuir para a maior riqueza e abundância observadas (Almeida et al., 2021), uma vez que, tal condição pode atrair indivíduos que preferencialmente forrageiam em ambientes abertos e/ou degradados (Wright et al., 2000). Portanto, a combinação de espécies tolerantes a habitats simplificados e o fornecimento de recursos em ambiente degradado propiciam a formação de uma comunidade abundante e funcionalmente rica de besouros, adaptados para explorar as condições específicas desse tipo de ambiente (Almeida et al., 2021).

A divergência funcional (FDiv) variou entre a área de referência e a degradada e isso indica como a distribuição de cada tipo de organismo ocorre no espaço funcional. Elevados índices de FDiv indicam um alto grau de especialização de nicho e, conseqüentemente, uma competição reduzida por recursos (Mason et al., 2005; Villéger et al., 2008), visto que as espécies mais abundantes pertencem a grupos funcionais distintos (afastados do centro do espaço funcional). Dessa forma, comunidades com alta FDiv tendem a expandir o espaço funcional disponível (Villéger et al., 2008). Por outro lado, a baixa divergência funcional encontrada em áreas degradadas é uma resposta a ambientes perturbados, onde as espécies mais comuns competem por recursos semelhantes. Espécies que poderiam levar a uma maior divergência funcional não conseguiram estabelecer-se em grande número, devido à fase inicial da sucessão ecológica na qual o ambiente se encontra (Rocha, et al., 2018).

Em relação ao peso dos besouros, verificamos maiores valores na área de referência e este resultado está de acordo com o esperado já que o ambiente referência fornece mais recursos (por exemplo, fezes de mamíferos). Vários estudos têm demonstrado que, em geral, rola-bostas maiores são mais suscetíveis a impactos negativos do que os menores (Scheffler, 2005; Larsen et al., 2008; Lee et al., 2009; Andrade et al., 2014). Apesar da abundância ter sido maior na área degradada, os espécimes presentes na área preservada possuem massa corpórea maior, indicando assim, que os animais maiores estão presentes naquela área, demonstrando que, devido à maior disponibilidade de recurso, os besouros tendem a investir em massa. Há evidências de que besouros paracoprídeos grandes removem maiores quantidades de esterco das superfícies do solo (Bui et al., 2020; Nervo et al., 2014). Com isso, mesmo estando em menor quantidade, conseguem desempenhar suas funções ecossistêmicas. Rola-bosta menores são mais abundantes em áreas desmatadas (Vulinec, 2002), provavelmente sendo mais

resistentes que os besouros maiores e por necessitarem de uma menor quantidade de recursos para sua manutenção.

A área da perna dianteira, foi maior na área degradada, demonstrando que os espécimes ali presentes, mesmo que tenham passado pelo processo de perturbação e sejam relativamente menores quando comparados com os besouros encontrados na área de referência, possuem maior capacidade muscular (Pessôa et al., 2017). Esse fato se mostra importante, uma vez que, a perna da frente é usada principalmente para escavar não apenas o solo, mas também as fezes (Pessôa et al., 2017), demonstrando assim, que determinadas espécies de besouros ao utilizarem a área degradada conseguem desempenhar funções básicas como a dispersão secundária de sementes.

Verificamos que na área degradada, o volume do pronoto dos espécimes é maior. Esse fato pode ter ocorrido devido dois fatores, o primeiro está relacionado a maior abundância presente na área degradada, o que faz com que a média dos tamanhos seja maior, o segundo fator está relacionado às adaptações que os besouros podem ter sofrido devido a perturbação do local. Uma vez que, os músculos da perna da frente estão inseridos nessa região, e a altura do pronoto reflete diretamente no tamanho da fibra muscular usada para mover a perna (Pessôa et al., 2017).

O último atributo funcional analisado foi a proporção entre o tamanho da perna traseira e dianteira e verificamos que na área degradada, os valores são maiores. Essa diferença maior encontrada na área degradada está ligada a morfologia dos indivíduos, mesmo que sejam pequenos, ainda assim, os traços funcionais são eficientes na realização dos serviços ecossistêmicos. A perna traseira está relacionada ao comportamento de rolamento, servindo como um controle de direção e é usado para dar velocidade à bola de esterco que é movida pelos besouros tanto no processo de nidificação quanto na alimentação (Pessôa et al., 2017) e a perna da frente é usada principalmente para escavar não apenas o solo, mas também as fezes (Pessôa et al., 2017).

## 5. CONCLUSÃO

Embora a hipótese inicialmente proposta neste estudo não tenha sido plenamente corroborada, os resultados ainda apontam para um efeito prejudicial da conversão dos habitats nativos sobre a diversidade funcional das comunidades na área degradada. É crucial ressaltar que, mesmo com uma maior abundância e relações significativas relacionadas aos traços funcionais dos besouros rola-bosta, eles também foram afetados pela degradação ambiental.

Esses resultados reforçam a necessidade urgente de adotar medidas nessas áreas naturais para preservar a biodiversidade não só dos escarabeídeos, mas de todo o ecossistema. Além disso, destacam a importância de políticas de restauração ambiental para reverter os danos causados pela ação humana e promover a recuperação das populações desses importantes invertebrados. A conservação dessas áreas não apenas promove a manutenção da biodiversidade, mas também desempenha um papel crucial na manutenção dos serviços ecossistêmicos e no equilíbrio dos ecossistemas como um todo. Em um contexto mais amplo, essas descobertas também contribuem para a compreensão geral dos impactos da atividade humana nas comunidades de invertebrados e na saúde dos ecossistemas em nosso planeta. Portanto, medidas efetivas de conservação e gestão ambiental são essenciais para mitigar os impactos negativos da degradação desses biomas e garantir a sobrevivência dessas espécies e de seus habitats naturais.

## 6. REFERÊNCIAS

Almeida, H. A. et al., (2021) Dung beetles can sow: the potential of secondary seed dispersers to assist ecological restoration. *Ecological Entomology*, v. 47, n. 2, p. 181-191.

Almeida, S. S. P ; Louzada, J. N. C. (2009). Estrutura da comunidade de Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) em fitofisionomias do cerrado e sua importância para a conservação. *Neotropical Entomology*, 38(1), 32–43.

Andresen, E. (2001). Effects of dung presence, dung amount and secondary dispersal by dung beetles on the fate of *Micropholis guyanensis* (Sapotaceae) seeds in Central Amazonia. *Journal of Tropical Ecology*, vol. 17, no. 1, p. 61-78,

Andresen, E.; Feer, F. (2005). The role of dung beetles as secondary seed dispersers and their effect on plant regeneration in tropical forests. In P.-M. Forget (Ed.). *Seed fate: Predation, dispersal and seedling establishment*, pp. 331–349. CABI Pub., Wallingford, Connecticut; Cambridge, Massachusetts

Andresen, E.; Levey D. (2004). Effects of dung and seed size on secondary dispersal, seed predation, and seedling establishment of rain forest trees. *Oecologia*

Beuchle R. et al., (2015). Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. *Applied Geography* 58, 116–27.

Bui, V. B. et al., (2020) As características morfológicas refletem a resposta do escaravelho às mudanças no uso da terra em ecossistemas cársticos tropicais do Vietnã. 108, 105-697.

Cardoso, M. R. D. (2014) Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal., *Acta Geográfica (UFRR)*, v.8, p.40-55.

Ceballos, G. et al., (2017). “Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* vol. 114,30.

Chapin, F.S. et al., (2000). Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405: 234-242.

De Bello, F. et al., (2010). Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. *Biodiversity and Conservation*, 19: 2873-2893

Diaz, S. et al., (2007). Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(52), 20684–20689.

Durigan G. (2013) Políticas Públicas para a Restauração Ecológica e Conservação da Biodiversidade. V Simpósio de Restauração Ecológica. São Paulo.

Ferreira W. C. et al., (2007) Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do Rio Grande, na Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. *Revista Árvore*, 31, 177-185.

Gandolfi, S.; Rodrigues, R. R. (2007) Metodologias de restauração florestal., In: Cargill. *Manejo ambiental e restauração de áreas degradadas*. Fundação Cargill. pp.109-143.

Gardner, T. A. et al., (2008) Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. *Journal of Applied Ecology*, vol. 45, no. 3, p. 883-893.

Gerisch, M. et al., (2011). More species, but all do the same: contrasting effects of flood disturbance on ground beetle functional and species diversity.

Greenleaf, S.S. et. al., (2007) Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, 153, 589– 596.

Griffiths, H. M et al., (2015). Biodiversity and environmental context predict dung beetle-mediated seed dispersal in a tropical forest field experiment. *Ecology*, 96(6), 1607–1619.

Griffiths, H. M. et al., (2015). Biodiversity and environmental context predict dung beetle-mediated seed dispersal in a tropical forest field experiment. *Ecology*, 96(6), 1607–1619.

Griffiths, H. M. et al. (2016) Assessing the Importance of Intraspecific Variability in Dung Beetle Functional Traits. *PLOS ONE*, vol. 11, no. 3, p. e0145598

Halffter G; Arellano L (2002) Response of dung beetle diversity to human-induced changes in a tropical landscape. *Biotropica* 34: 144-154.

- Hanski I & Cambefort Y (1991) *Dung beetle ecology*. Princeton: Princeton University Press. 481 p.
- Hernández M.I.M, Vaz-de-Mello F.Z. (2009). Variação sazonal e espacial da riqueza de espécies de escaravelhos (Coleoptera, Scarabaeidae s. str.) na Mata Atlântica do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*. 53: 607–613.
- Hooper, D.U. et al., (2005) Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 71: 3-35.
- Jacobi, P (2003). Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. *Cadernos de Pesquisa*, n. 118. p. 189-205.
- Laliberté, E. ; Legendre, P. (2010) A Distance-Based Framework for Measuring Functional Diversity from Multiple Traits. *Ecology*, 91, 299-305.
- Lumaret J.P. et al, (1992). Changes in resources: consequences from the dynamics of dung beetle communities. *Journal Applied Ecology*, 29, 349-356.
- Machado, R.B.,et al., (2004). Estimativas de perda de área do Cerrado brasileiro. Relatório inter-no não publicado, Conservação Internacional, Brasília.
- Manual Técnico para Restauração Ambiental Aplicado à Áreas de Empréstimo para Construção de Barragens, com Ênfase na UHE Emborcação, 2022
- Marteleteo, P. B. et al., (2009) Respostas fisiológicas, morfológicas e comportamentais de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae) associadas ao consumo de diferentes variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris*). *Neotropical Entomology*, v. 38, n. 2, p. 178–185.
- Mastella A. D. F. et al., (2019) Classificação do Estado de Goiás e do Distrito Federal segundo o Sistema de Zonas de Vida de Holdridge (Classification of Goiás State and the Federal District according to the Holdridge Life Zones System). *Revista Brasileira de Geografia Física* 12(2), 443-456.
- Matthew J. C. et al., (2010). Restoration of an Ecosystem Function to Revegetation Communities: The Role of Invertebrate Macropores in Enhancing Soil Water Infiltration. , 65–72.

Mcgill, B.J. et al., 2006. Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in Ecology and Evolution*, 2: 178-185.

Montoya D. et al., (2012) Emerging perspectives in the restoration of biodiversity-based ecosystem services. *Trends in Ecology and Evolution* 27:666–672

Mouchet, M. A. et al., (2010). Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. *Functional Ecology*, v. 24, n. 4, p. 867–876.

Mouillot, D. et al., (2013). A functional approach reveals community responses to disturbances. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(3), 167–177. doi:10.1016/j.tree.2012.10.004

Nervo, B. et al., (2014) Os efeitos da massa corporal na eficiência de remoção de esterco em escaravelhos.

Nichols, E. et al., (2007). Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: a quantitative literature review and meta-analysis. *Biol. Conserv.* 137, 1-19.

Nichols, E.S. et al., (2008). Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141, 1461-1474.7

Pessôa M.B. et al., (2017). Assemblage and functional categorization of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) from the Pantanal.

Petchey, O. L.; Gaston, K. J. (2006). Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters*, 9(6), 741–758

Podgaiski, L et al., (2011). O uso de atributos funcionais de invertebrados terrestres na ecologia: o que, como e por quê?. *Oecologia Australis*. 15. 835-853.

Rambaldi D. M.; Oliveira, D.A.S. (2003) Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília: MMA.

Rodrigues, E. (2013) *Ecologia da Restauração*. Planta, Londrina.

Sarmiento-Garcés R, Hernández M.I.M (2021) A decrease in taxonomic and functional diversity of dung beetles impacts the ecosystem function of manure removal in altered subtropical habitats.

SER – (2004) Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group. The SER primer in ecological restoration (Version 2).

Tittensor, D. P. et al., (2014). “A mid-term analysis of progress toward international biodiversity targets.” *Science* (New York, N.Y.) vol. 346,6206. 241-4.

Vaz-de-Mello F. Z. et al., (2011) A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). *Zootaxa*, 2854, p. 1–73.

Vaz-de-Mello, F. Z. (2000). Estado atual de conhecimento dos Scarabaeidae s. str (Coleoptera: Scarabaeoidea) do Brasil. In: Martín-Piera, F.; Morrone, J. J. & Melic, A. eds. *Hacia un Proyecto Cyted para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica*. Zaragoza, PrIBES-SEA, p. 183-195.

Villéger S. et al (2008). New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology*. ;89(8):2290-2301.

## 7. MATERIAL SUPLEMENTAR

*Tabela 1. Resultado do cálculo dos quatro índices de diversidade funcional a partir dos traços funcionais. FRic: Riqueza funcional, FEve: Equitabilidade funcional; FDiv: Divergência funcional e FDis: Dispersão funcional.*

<b>Cod</b>	<b>Área</b>	<b>FRic</b>	<b>FEve</b>	<b>FDiv</b>	<b>FDis</b>
D1	Degradado	1.6210652	0.7468587	0.7156159	1.284289
D2	Degradado	2.0300141	0.5763110	0.7473736	1.425777
D3	Degradado	1.1847030	0.5804240	0.6888209	1.308115
D4	Degradado	0.6659714	0.8005958	0.7322519	1.245059
D5	Degradado	1.2592325	0.7042459	0.7885131	1.377505
D6	Degradado	1.3449780	0.7729458	0.7308430	1.267358
D7	Degradado	1.4165126	0.7830473	0.7477904	1.276785
D8	Degradado	3.0388358	0.7021157	0.7247285	1.320498
D9	Degradado	1.4297330	0.4579559	0.6782810	1.517673
D10	Degradado	1.9534432	0.6093997	0.7131945	1.352516
D11	Degradado	4.3597133	0.6332352	0.7488677	1.416731
R1	Referência	0.3053120	0.6935831	0.7290851	1.225149
R2	Referência	0.5060190	0.7419147	0.7586089	1.406372
R3	Referência	0.6671011	0.7445073	0.8245340	1.442163
R4	Referência	1.0167566	0.7031279	0.7587081	1.682341
R5	Referência	0.2889020	0.7603113	0.7261938	1.172682
R6	Referência	0.2154510	0.6244495	0.7827348	1.462411
R7	Referência	0.3529779	0.7070441	0.7936472	1.262287
R8	Referência	1.4226632	0.5855523	0.7716801	1.442324
R9	Referência	1.2587806	0.6784009	0.7169214	1.352811
R10	Referência	0.5314871	0.6173838	0.8244786	1.441588

R11	Referência	1.5056041	0.7288023	0.8168577	1.627083
-----	------------	-----------	-----------	-----------	----------

*Tabela 2. Resultado do cálculo da média ponderada (CWM) dos traços funcionais.*

<b>Cod</b>	<b>Vol. Prono</b>	<b>Área_diant</b>	<b>tras_diant</b>	<b>Peso</b>
D1	1297.369	156.4237	1.376918	0.03329401
D2	1300.120	154.0895	1.324849	0.03803664
D3	1292.378	154.8551	1.346552	0.03478177
D4	1279.675	152.9017	1.331344	0.03562043
D5	1362.959	163.2211	1.411088	0.04810277
D6	1456.269	184.6082	1.425523	0.02268335
D7	1437.340	180.4098	1.435267	0.02878179
D8	1470.796	185.9875	1.460874	0.02771570
D9	1411.138	180.7989	1.403631	0.02043908
D10	1446.539	172.0965	1.441311	0.04760862
D11	1522.517	190.1918	1.457790	0.03558345
R1	1241.661	127.3186	1.230720	0.05038183
R2	1179.971	144.2756	1.224195	0.04660974
R3	1145.540	150.7262	1.191630	0.03667565
R4	1257.128	134.7223	1.362364	0.08002134
R5	1238.724	135.2702	1.298948	0.04586125
R6	1220.769	118.5934	1.184632	0.07527264
R7	1253.985	133.8418	1.275894	0.05080497
R8	1161.243	140.4445	1.182765	0.04634289
R9	1319.503	121.5002	1.434497	0.08072537
R10	1266.886	122.1948	1.261878	0.08100680
R11	1212.045	127.1717	1.251376	0.09141393

