



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

**CAPACIDADE PERCEPTUAL DE PEQUENOS MAMÍFEROS EM UMA
PAISAGEM AGRÍCOLA E A PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO RURAL NO
BRASIL CENTRAL**

Maria Clara Chagas

Brasília, 2025



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

**CAPACIDADE PERCEPTUAL DE PEQUENOS MAMÍFEROS EM UMA
PAISAGEM AGRÍCOLA E A PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO RURAL NO
BRASIL CENTRAL**

Maria Clara Chagas

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia. Orientador: Professor Dr. André Faria Mendonça.

Brasília, 2025

Capacidade perceptual de pequenos mamíferos em uma paisagem agrícola e a percepção da população rural no Brasil Central.

Maria Clara Chagas

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia. Orientador: Professor Dr. André Faria Mendonça.

Banca Examinadora

Prof. Dr. André Faria Mendonça (Presidente/Orientador)

Departamento de Ecologia/UnB

Prof. Dra. Ludmilla Moura de Souza Aguiar (Titular)

Departamento de Zoologia/UnB

Prof. Dr. Marcelo Ximenes Aguiar Bizerril (Titular)

Faculdade UnB Planaltina/UnB

Prof. Dr. Nicholas Ferreira de Camargo (Suplente)

Departamento de Ecologia/UnB

Brasília, 30 de maio de 2025.

Agradecimentos

Começo agradecendo à minha mãe, Eliete, que sempre me deu – e segue dando – todo o suporte necessário para que eu alcance o espaço que desejar em minha caminhada profissional (mesmo que não seja exatamente onde ela gostaria que eu estivesse). Agradeço à minha irmã, Mariana, que acompanhou de perto toda a caminhada e me ajudou, da forma que conseguia, a segurar a barra durante todo o processo. Agradeço também meu pai, Edson, que é um grande incentivador da pós-graduação e, por sorte ou destino, estava em campo comigo no único dia que o pneu do carro furou.

Agradeço a meus amores, Zé, Yasmin, João, Joana, Alice, Zadora e Náthali que seguraram minha mão em todos os momentos dessa caminhada, sempre acreditando que daria certo. Agradeço também aos amores que, além de segurarem a minha mão, vestiram a roupa de campo pra estar comigo embaixo de sol e chuva, em feriado e dia santo, fazendo esse estudo acontecer só pela amizade: Guigui, Babi, Marco e Águeda, meu muito obrigada! Agradeço à equipe LECA, em especial à Kamilla, Iago, Lucas, Victor, Lara e Jorge que estavam sempre em campo comigo.

Agradeço também aos amigos que acompanharam mais de longe, mas que também sempre apoiaram e acreditaram que daria certo, além de ouvir meus lamúrios a respeito do mestrado – visto que raramente eu tinha outro assunto. Agradeço à minha família do coração, tio Ari, tia Rolé, tia Neiry, tia Marli, tia Nalu, tia Dione, Beth, tia Elis e Lelete, que me mostram o potencial transformador da educação desde antes de eu me entender como gente. E a Rafael Timo, que me ajudou a ver minhas potencialidades dentro dos campos que uno nessa dissertação.

Agradeço a meus orientadores, que estiveram comigo desde a graduação. Ao Kid por me mostrar, desde 2018, muitas das possibilidades de pesquisa dentro da Ecologia e me ajudar a passar por todo esse processo com a leveza necessária para não pirar. À Ana Júlia, que me mostrou caminhos possíveis para realizar aquilo que eu entendo como essencial. E aos dois, em conjunto, por toparem unir linhas de pesquisa que são fundamentalmente distintas, mas que acredito que devem caminhar juntas.

Por fim, agradeço ao Departamento de Ecologia e aos professores que integram o Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília pelos ensinamentos em sala de aula e pelo apoio fora dela. Agradeço à Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP/DF) pelo financiamento do projeto de pesquisa. Agradeço à Secretaria de Educação do Distrito Federal e à gestão das escolas que nos

receberam com entusiasmo (não nomeadas aqui para manter o sigilo). Agradeço aos proprietários das fazendas Dois Riachos e Fazendinha do Theo que nos abriram as portas e permitiram as coletas e solturas necessárias para o desenvolvimento do estudo.

*“Nós também somos do mato,
como o pato e o leão.”*

Gilberto Gil

Memorial

Desde que entrei na biologia, sabia que queria trabalhar com conservação, mas demorei um pouco a entender como. Em 2018 entrei no Laboratório de Ecologia de Vertebrados e conheci algumas possibilidades de trabalhar com conservação, tendo mamíferos como objeto de estudo. Fui a diferentes campos de coletas, fiz Iniciação Científica com pequenos, médios e grandes mamíferos e participei de simpósios, conferências, assisti palestras e me encantei com tudo isso. Mas sabia que ainda não era exatamente o que eu buscava.

Venho de uma família de professoras e sempre disse que não queria dar aula de Ciências/ Biologia, mas que faria a licenciatura. Quando entrei em uma sala de aula como docente pela primeira vez, entendi que tudo o que tinha dito até então era balela. Entre estágios e trabalhos voluntários com educação popular, entendi que era ali, na sala de aula, que poderia fazer a diferença.

No TCC, trabalhei com Ensino de Ciências nos Anos Iniciais e conheci o conceito de Alfabetização Científica. Esse processo me mostrou como em sala de aula temos o potencial de trabalhar em prol da conservação ambiental de forma efetiva a longo prazo. E foi essa percepção, somada à crença de que podemos mudar o mundo através da educação, que me trouxe a esse trabalho – que une a construção do conhecimento ecológico à divulgação dos resultados obtidos com as pessoas que ali vivem.

Sumário

Resumo.....	10
Abstract.....	11
Introdução geral.....	12
Referências bibliográficas	14
<i>Capacidade perceptual de pequenos mamíferos em uma paisagem fragmentada.....</i>	<i>15</i>
Introdução	16
Objetivos	18
Objetivo geral.....	18
Objetivos específicos.....	18
Hipóteses	18
Material e métodos.....	19
Área de estudo	19
Espécies alvo	20
Captura dos pequenos mamíferos	20
Soltura dos pequenos mamíferos.....	20
Orientação dos pequenos mamíferos.....	23
Tortuosidade do trajeto.....	24
Resultados.....	25
Orientação para o fragmento	25
Tortuosidade do movimento.....	29
Discussão.....	29
Conclusão.....	32
Referências bibliográficas	32
<i>Percepção social da fragmentação de habitat e a escola como espaço de promoção de discussões sobre questões ambientais</i>	<i>38</i>
Introdução	39
Objetivo.....	41
Objetivo geral.....	41
Objetivos específicos.....	41
Hipóteses	41
Material e métodos.....	42
Área de estudo e caracterização da comunidade escolar.....	42
Caracterização das escolas	42
Percepção do ambiente pelas crianças.....	44
Aplicação do jogo.....	45
Resultados e discussão	46
Caracterização da comunidade escolar	46
Percepção do ambiente pelos estudantes.....	47

Ações escolares de educação ambiental.....	51
Jogo como ferramenta pedagógica.....	54
Conclusões	59
Referências bibliográficas	60
Conclusões gerais	64
Anexos	66

Resumo

O aumento da intensidade da atividade agropecuária tem levado à fragmentação e diminuição de áreas naturais e consequente diminuição de habitat disponível para inúmeras espécies. Uma forma de entender como esse processo afeta espécies animais é a partir da conectividade funcional, que considera características ambientais e espécie-específicas para determinar o potencial de migração desses organismos. Dentre essas características está a capacidade perceptual da espécie, que foi avaliada para o marsupial *Gracilinanus agilis* e o roedor *Rhipidomys macrurus* em uma área de cultura de soja na safra e na entressafra a partir da sua orientação para o fragmento e tortuosidade do trajeto. A capacidade perceptual do marsupial está relacionada à distância e é maior na entressafra do que na safra. O roedor apresentou boa capacidade perceptual para os dois tratamentos na distância avaliada. Ambas espécies apresentaram caminhos pouco tortuosos, porém com muitas mudanças de direção.

Entendendo a importância da participação social na conservação ambiental e o papel da escola enquanto promotora de reflexões, busquei entender como esse espaço trabalha a importância do Cerrado e como tal importância era percebida pelos estudantes. Além disso, criei um jogo pedagógico com a proposta de promover debates sobre conservação de espécies animais e apresentar conceitos relacionados à conservação, como a conectividade funcional. As escolas selecionadas atendiam os estudantes de Ensino Fundamental da mesma região em que a pesquisa ecológica foi desenvolvida. Em geral, as escolas contavam com atividades de promoção da importância do Cerrado e sua conservação. Ainda assim, estudantes viam pouca ou nenhuma importância na manutenção do bioma. O jogo pedagógico cumpriu seu objetivo de promover reflexões a esse respeito, sendo uma ferramenta útil na promoção de debates.

Palavras-chave: Capacidade perceptual; conectividade funcional; educação ambiental; jogo pedagógico.

Abstract

The intensification of agricultural activities has led to the fragmentation and reduction of natural habitats, resulting in a decreased availability of suitable environments for numerous species. One approach to understanding how this process impacts animal populations is through the concept of functional connectivity, which incorporates both environmental and species-specific characteristics to assess the movement potential of organisms. Among these characteristics is perceptual range. This study evaluated the perceptual range of the marsupial *Gracilinanus agilis* and the rodent *Rhipidomys macrurus* within a soybean cultivation matrix during both the cropping and off-season periods, using orientation toward forest fragments and path tortuosity as indicators. The perceptual ability of *G. agilis* was found to be distance-dependent and higher during the off-season than during the cropping season. *R. macrurus* demonstrated high perceptual range under both conditions at the tested distance. Both species exhibited relatively straight paths; however, their movement patterns involved frequent changes in direction.

Recognizing the importance of community engagement in environmental conservation and the school's role as a space for critical reflection, this study also aimed to examine how schools approach the significance of the Cerrado biome and how students perceive its value. An educational board game was developed to facilitate discussions on wildlife conservation and to introduce key ecological concepts, such as functional connectivity. The selected schools served elementary-level students in the same region where the ecological research was conducted. Although schools reported carrying out activities aimed at promoting Cerrado conservation, students generally perceived little or no relevance in preserving the biome. The educational game effectively stimulated critical thinking and discussion, demonstrating its potential as a valuable tool for environmental education.

Keywords: Perceptual range; functional connectivity; environmental education; educational game.

Introdução geral

Devido à alta taxa de conversão de ecossistemas naturais em antrópicos e elevado endemismo de plantas, foram mundialmente definidas 25 áreas prioritárias (*hotspots*) para conservação de biodiversidade. Estas, de forma conjunta, abrigam 44% da diversidade plantas e 35% da diversidade de vertebrados (Meyers *et al.*, 2000). O aumento das ações antrópicas, que estão diretamente ligadas à alta taxa de conversão, afeta diretamente a produção primária, a temperatura, a pluviosidade e as taxas de desmatamento (Silva *et al.*, 2020).

Essa intensificação das atividades antrópicas e seus impactos tem acarretado na “Crise do Antropoceno”, em que mudanças ambientais acontecem de forma acelerada e dificultam o processo de adaptação para diferentes organismos (Nardy e Di Felice, 2021). Em média, 38% da área de distribuição de uma espécie é ameaçada por impactos antrópicos (Allan *et al.*, 2019). Neste contexto, a maior ameaça à biodiversidade é a perda e fragmentação de habitats naturais, que podem levar à diminuição na riqueza de espécies e perda da diversidade funcional de uma paisagem (Haddad *et al.*, 2015).

Desta forma, a redução da área e da conectividade dos ecossistemas naturais pode levar à diminuição das taxas de residência e persistência de espécies, assim como o aumento do isolamento e a diminuição do movimento entre os fragmentos e o aumento da borda do fragmento (Haddad *et al.*, 2015). Devido a essas relações de perda e consequência, a perda de habitat pode ser um bom preditor do risco de extinção de espécies endêmicas nos hotspots de biodiversidade, principalmente para aves e mamíferos (Brooks *et al.*, 2002).

Para evitar a crescente perda de biodiversidade e garantir a efetividade das ações de conservação, vários setores da sociedade devem trabalhar juntos, inclusive o o setor agropecuário (Pizzutto *et al.*, 2021). Atualmente, esta é a principal atividade antrópica desenvolvida no Brasil, ocupando cerca de 32,5% do país (MapBiomas, 2023). A crescente expansão da agropecuária pode estar relacionada à demanda global crescente por “commodities”, o que intensifica essas atividades econômicas (Pizzutto *et al.*, 2021).

Enquanto ocupantes desse território e principais interessados em uma produção rural eficiente, produtores agropecuários podem ser grandes aliados na busca de ações de sustentabilidade no contexto da produção rural. É essencial que se supere a dificuldade em integrar produtores no desenvolvimento de planos de manejo, por exemplo, para ampliar as chances de sucesso envolvendo diferentes partes da sociedade no processo

(Pizzutto *et al*, 2021).

Uma forma de trabalhar a integração das discussões em busca de soluções para o uso sustentável da terra é através da educação. A Base Nacional Comum Curricular [BNCC] (Ministério da Educação [MEC], 2018) destaca a importância de discutir com os estudantes que o avanço tecnológico a favor da melhoria de produtos e serviços (como é o caso da produção de alimentos a larga escala em regime de monocultura) pode promover desequilíbrios na natureza e sociedade. Isso se mostra ainda mais importante quando sabemos que a educação, entre outros fatores, é um preditor importante para a conscientização da população acerca das mudanças climáticas (Pondorfer, 2019).

É na escola que as crianças irão desenvolver a capacidade de atuar sobre o mundo, o que permitirá o exercício pleno de sua cidadania. As disciplinas de Ciências da Natureza tem papel importante na conscientização ambiental, que pode proporcionar a esses estudantes uma atuação cidadã pautada na sustentabilidade e alcance do bem comum. É essencial que os estudantes reconheçam o ser humano como modificador do ambiente e, portanto, responsável pelos recursos naturais que utiliza enquanto discute-se a importância da biodiversidade para a manutenção dos ecossistemas (MEC, 2018).

Sendo assim, essa dissertação é composta por dois capítulos. No primeiro, investigo a capacidade perceptual de pequenos mamíferos em uma região de plantação de soja. No segundo, construo um jogo pedagógico para trabalhar conceitos ecológicos relacionados a essa capacidade perceptual. Dada a diferente natureza dos dados, a apresentação de resultados e discussão acontecem de forma distinta para cada capítulo.

Referências bibliográficas

- Allan, J. R., Watson, J. E., Di Marco, M., O'Bryan, C. J., Possingham, H. P., Atkinson, S. C., & Venter, O. (2019). Hotspots of human impact on threatened terrestrial vertebrates. *PLoS biology*, *17*(3), e3000158.
- Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., Rylands, A. B., Konstant, W. R., ... & Hilton-Taylor, C. (2002). Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. *Conservation biology*, *16*(4), 909-923.
- Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., ... & Townshend, J. R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science advances*, *1*(2), e1500052.
- MapBiomias. (2023). Coleção 8 da série anual de mapas de uso e cobertura da terra do Brasil [base de dados].
- Meyers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C. et al. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* *403*, 853–858.
- Ministério da Educação [MEC]. (2018). Base Nacional Comum Curricular (versão final).
- Nardy, R., & Di Felice, M. (2021). *Narrativa sobre a crise do antropoceno e o novo estado da terra em uma perspectiva reticular*. In Anais. São Paulo: Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo.
- Pizzutto CS, Colbachini H, Jorge-Neto PN. One Conservation: the integrated view of biodiversity conservation. *Anim Reprod*. 2021;*18*(2):e20210024.
- Pondorfer, A. (2019). The perception of climate change: Comparative evidence from the small-island societies of Bougainville and Palawan. *Environmental Development*, *30*, 21-34.
- Silva, A. A., Braga, M. Q., Ferreira, J., dos Santos, V. J., do Carmo Alves, S., de Oliveira, J. C., & Calijuri, M. L. (2020). Anthropogenic activities and the Legal Amazon: Estimative of impacts on forest and regional climate for 2030. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, *18*, 100304.

CAPÍTULO 1

Capacidade perceptual de pequenos mamíferos em uma
paisagem fragmentada

Introdução

A maior parte das mudanças no uso da terra estão associadas a atividades antrópicas como a expansão e intensificação de atividades agropecuárias, além da urbanização (Li *et al.*, 2023; Meyer e Turner, 1992). Uma das consequências dessa mudança é o processo de fragmentação, que pode levar à redução da disponibilidade de habitat, isolamento de populações e aumento do efeito de borda – fatores que afetam negativamente muitas funções ecossistêmicas essenciais (Haddad *et al.*, 2015).

Quando esses processos levam à inviabilização da movimentação entre fragmentos por conta da conformação espacial da paisagem, podem ocorrer processos que levem à extinção local da espécie (Fahrig e Merriam, 1985; Haddad *et al.*, 2015; Wilcox e Murphy, 1985). O isolamento populacional é uma das principais consequências da falta de conectividade entre fragmentos (Haddad *et al.*, 2015) e pode favorecer a extinção local por fatores como aumento da predação, da competição (Dunning *et al.*, 1992) e perda de variabilidade genética (Hanski, 2011).

Outros fatores podem ser importantes para determinar o isolamento de uma população animal, como a permeabilidade da matriz e a detecção dos fragmentos pelos indivíduos (Villard e Haché, 2012). Quando a movimentação da espécie é limitada pelo tipo de matriz circundante ao fragmento, diz-se que aquela matriz é pouco permeável (Villard e Haché, 2012). Quanto à detecção de fragmentos, deve-se considerar uma relação entre a distância de dispersão, o raio de percepção e o arranjo de movimentação dos organismos (Taylor *et al.*, 1993).

Desta forma, o quanto a paisagem favorece ou prejudica a movimentação de populações entre fragmentos é o que chamamos de conectividade da paisagem (Taylor *et al.*, 1993). Ao considerar também a resposta dos organismos aos elementos da paisagem, temos a conectividade funcional (Tischendorf e Fahrig, 2000). As mudanças na conectividade funcional da paisagem são dependentes da capacidade de dispersão dos organismos (D'Eon *et al.*, 2002), que é otimizada em paisagens com fragmentos próximos uns aos outros. A capacidade perceptual do organismo é um fator essencial para determinar sua estratégia de dispersão entre fragmentos (Zollner e Lima, 1999).

Neste contexto, a distância mínima necessária para que elementos da paisagem sejam percebidos por determinado organismo é definida como capacidade perceptual (Lima e Zollner, 1996). Um animal com baixa capacidade perceptual tem maior risco de mortalidade e maior tempo de procura por novos fragmentos (Lima e Zollner, 1996). O

processo de perda e a fragmentação de vegetação natural, normalmente, levam à diminuição da conectividade funcional de uma paisagem por aumentar a distância entre fragmentos e diminuir a quantidade de habitat disponível (Goodwin e Fahrig, 2002). Assim, o uso dessa métrica pode contribuir na definição de estratégias para manter a conectividade funcional de populações com a identificação de importantes fragmentos que contribuam para isso.

Adicionalmente, a expansão agrícola tem se intensificado especialmente nas regiões tropicais, responsáveis por mais de 90% do desmatamento global entre 1990 e 2020 (IPCC, 2022). Entre os biomas tropicais, as savanas têm sido desproporcionalmente impactadas, em função do relevo predominantemente plano, do clima sazonal e da limitada proteção legal. Na África, as florestas de Miombo vêm sendo cada vez mais convertidas para o cultivo de milho e algodão (Campbell *et al.*, 1996), enquanto no Sudeste Asiático a expansão da mandioca tem sido um importante vetor de perda de biodiversidade (FAO, 2001).

Na América do Sul, o Cerrado, a savana mais diversa e ameaçada do mundo, apresenta um padrão semelhante, com a rápida conversão de áreas naturais impulsionada por monoculturas e pela produção pecuária (Strassburg *et al.*, 2017). Entre 1974 e 2019 o cultivo de soja aumentou em 2700% no Cerrado (Nepstad *et al.*, 2019; Rocha *et al.*, 2022). Desta forma, o processo de conversão e fragmentação das áreas naturais e a formação de paisagens antropizadas de produção representam a maior ameaça à conservação deste bioma brasileiro.

A perda e fragmentação de ambientes naturais tem influência na composição de espécies da comunidade, nas taxas de extinção e na competição interespecífica (Laurance, 1997). Esse processo está relacionado à extinção local de espécies e consequente diminuição da diversidade de médios e grandes mamíferos (Canale *et al.*, 2012). Para os pequenos mamíferos, o isolamento de fragmentos apresenta uma relação negativa com a riqueza de espécies para a comunidade – quando em áreas de cultivo, podem-se formar assembleias mais pobres (Vieira *et al.*, 2009).

O grupo identificado como “pequenos mamíferos” inclui organismos com peso geralmente inferior a três quilogramas pertencentes às ordens Didelphimorphia, Rodentia e Chiroptera (Paglia *et al.*, 2012). Destes, Rodentia e Didelphimorphia são não voadores e representam 42,7% das espécies de mamíferos no Brasil (Paglia *et al.*, 2012). São responsáveis por serviços ecossistêmicos como a dispersão de sementes (Lourenço *et al.*, 2024) e o controle de pragas (Camargo *et al.*, 2022), além de serem bons indicadores do

estado de conservação de ambientes naturais (Bonvicino *et al.*, 2002).

Dado o acima exposto, é essencial que se conheça a capacidade dispersiva das espécies presentes na paisagem e, conseqüentemente, a conectividade funcional do ambiente. Com esse conhecimento, é possível compreender se o arranjo espacial permite a manutenção do ecossistema e, em caso negativo, oferece embasamento para o desenvolvimento de políticas públicas que permitam a manutenção da infraestrutura ecológica, como recomenda o Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal (SEMA, 2017).

Objetivos

Objetivo geral

Estimar a capacidade perceptual do marsupial *Gracilinanus agilis* e do roedor *Rhipidomys macrurus* em uma paisagem agrícola com matas de galeria isoladas no Brasil Central.

Objetivos específicos

- 01 Determinar a capacidade perceptual em metros do marsupial *Gracilinanus agilis* e do roedor *Rhipidomys macrurus*;
- 02 Determinar a distância em metros que *G. agilis* e *R. macrurus* se orientam para o fragmento de Cerrado quando em matriz antrópica (plantio de soja);
- 03 Caracterizar o movimento do *G. agilis* e *R. macrurus* no período de safra e entressafra da soja em relação à orientação para a mata de galeria e à tortuosidade a partir das distâncias e azimutes do trajeto;
- 04 Verificar o uso da linha de plantio para orientação por *G. agilis* e *R. Macrurus*;
- 05 Analisar o efeito de características individuais (sexo, orientação, uso de vegetação antrópica) e ambientais (velocidade do vento, distância de soltura, presença de vegetação) na orientação para o fragmento e na tortuosidade do trajeto.

Hipóteses

Hipótese 1: A capacidade perceptual do marsupial *G. agilis* e do roedor *R. macrurus* para identificar a mata de galeria a partir da área de plantio de soja é pequena devido os seguintes fatores: (1) pequeno porte das espécies analisadas; (2) baixa capacidade de deslocamento no solo devido o hábito locomotor de *G. agilis* (escansorial) e *R. macrurus* (arborícola).

Hipótese 2: Em relação à sazonalidade do plantio (safra e entressfra), é esperado que a

capacidade perceptual seja maior e com movimento menos tortuoso no período de entressafra (solo limpo e arado) devido à menor obstrução vertical.

Hipótese 3. Por fim, é esperado que a direção da linha de plantio influencie o movimento dos animais analisados, com estes preferindo se deslocar ao longo destas.

Material e métodos

O presente trabalho faz parte de um projeto maior financiado pela FAP-DF sobre identificação, quantificação e valoração do serviço ecossistêmico desempenhado pelos pequenos mamíferos no controle do percevejo-marrom em uma paisagem agrícola no Distrito Federal. Para o desenvolvimento do trabalho, obtive autorização para atividades com finalidade científica junto ao SISBio e à Comissão de Ética no Uso Animal da UnB.

Área de estudo

O projeto foi realizado no núcleo rural Rio Preto, localizado a cerca de 60km do Plano Piloto na Região Administrativa de Planaltina, leste do Distrito Federal. Nesta região selecionamos duas áreas de mata de galeria (M1, 15°46'15.4"S 47°27'58.2"W [captura]; e M2, 15°42'31.78"S 47°28'07.53"W [soltura]). Em relação à questão fundiária, a área M1 fica localizada na fazenda Dois Riachos e a M2 na fazenda Fazendinha do Theo. Destaco que essas áreas veem sendo amostradas no escopo de um projeto mais amplo de avaliação dos serviços ecossistêmicos providos pelos pequenos mamíferos.



Figura 1. (A) Localização do Distrito Federal (DF) com o Núcleo Rural Rio Preto destacado (círculo amarelo). (B) Núcleo Rural Rio Preto com a mata de galeria de captura dos indivíduos de *Gracilinanus agilis* e de *Ripidomys macrurus* (M1) e a de soltura (M2) destacadas (círculos vermelho).

Espécies alvo

Analisamos a movimento e a capacidade perceptual do marsupial *Gracilinanus agilis* e o roedor *Rhipidomys macrurus*.

Gracilinanus agilis

O marsupial *G. agilis* (Didelphidae, Didelphimorphia) de pequeno porte (13g a 40g) ocorre, principalmente, nas formações florestais do Cerrado, Caatinga e Pantanal (Paglia *et al.*, 2012). São classificados como insetívoros/onívoros com hábito locomotor escansorial, utilizando o solo e estratos superiores da vegetação (Paglia *et al.*, 2012; Vieira *et al.*, 2012). Como outros didelfídeos, o *G. agilis* é semelparo com o período reprodutivo entre julho e fevereiro (Lopes e Leiner, 2015; Zangrandi e Vieira, 2022).

Rhipidomys macrurus

O roedor *R. macrurus* (Cricetidae, Rodentia) é uma espécie endêmica do Brasil e ocorre nas formações florestais do Cerrado e Caatinga (Paglia *et al.*, 2012). Os indivíduos pesam em torno de 80g (Bonvicino *et al.*, 2008; Sancha *et al.*, 2011), se alimentam principalmente de frutos e sementes e são arborícolas, pouco frequentando o solo (Paglia *et al.*, 2012), o que favorece seu potencial enquanto dispersor (Lourenço *et al.*, 2024). Os *R. macrurus* apresentam reprodução sazonal, induzida pelo início do período chuvoso (Cerqueira, 2005).

Captura dos pequenos mamíferos

A amostragem dos pequenos mamíferos foi feita em duas campanhas, uma durante a entressafra da soja (março de 2024) e outra durante a safra (dezembro de 2024). Na área de captura (M1), 144 armadilhas do tipo Sherman (23 x 9 x 8 cm) foram distribuídas pela porção do gradeado com maior sucesso de captura em amostragens anteriores, de modo a otimizar o processo. As armadilhas eram dispostas em alturas entre um e dois metros do chão, considerando as conexões de dossel e estabilidade das armadilhas.

As armadilhas eram conferidas e iscadas diariamente no começo da manhã com uma mistura de sardinha enlatada, fubá, essência de baunilha, banana e pasta de amendoim. Essa preocupação com o horário é para evitar que os animais capturados venham à óbito devido a incidência direta de sol nas armadilhas. Na captura foram registrados a data, local, estação de captura, espécie e sexo.

Soltura dos pequenos mamíferos

Para a soltura, priorizamos indivíduos adultos de ambos os sexos, exceto as

grávidas ou lactantes. Para *G. agilis*, também consideramos o peso mínimo de 18 gramas devido ao peso do carretel de rastreamento. Após a captura, os animais destinados à soltura com o carretel foram mantidos em gaiolas individuais cobertas, com alimento e água disponível, baixa luminosidade e pouca variação de temperatura. Indivíduos de outras espécies que foram capturados foram imediatamente soltos no local de origem, assim como os das espécies de interesse que não cumpriram os requisitos acima especificados.

Os indivíduos foram transportados para os pontos de soltura em gaiolas cobertas, evitando contato visual do animal com os arredores. Todos os animais foram soltos na área M3, a cerca de sete quilômetros de distância da área M1, em que foram capturados. A distância entre as áreas visou garantir que as matas eram independentes entre si, de modo a diminuir a possibilidade dos indivíduos reconhecerem o ambiente em que foram soltos. Os indivíduos de *R. macrurus* foram soltos a 30 metros da mata (safra e entressafra), enquanto os indivíduos de *G. agilis* foram soltos a 30, 50 e 100 metros da mata na entressafra e a 30 metros na safra.

Para a liberação, utilizei um mecanismo padrão que permite soltar os animais à distância, evitando influenciar seus movimentos, seguindo Forero-Medina e Vieira (2007). O mecanismo consiste em uma caixa de plástico acoplada a uma corda, suspensa por duas roldanas em um aparato de madeira (Figura 2a). A soltura aconteceu à distância de 15 metros entre a pesquisadora e o animal (Figura 2b), com a caixa sendo suspensa verticalmente. A distância da pesquisadora diminui a interferência desta no movimento dos animais e a suspensão vertical da caixa permite que todas as direções estejam igualmente disponíveis ao indivíduo no momento da liberação.

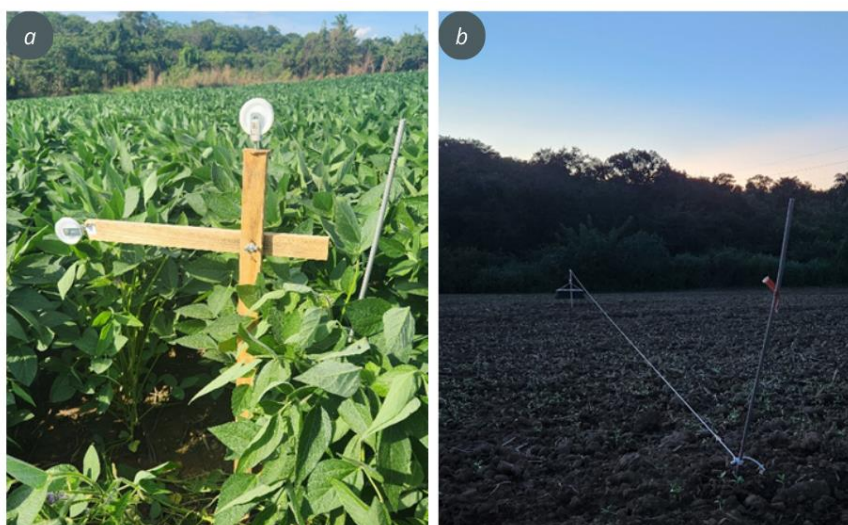


Figura 2. Estação de soltura em visão aproximada durante a safra (a) e à distância de soltura durante a entressafra (b).

O máximo de quatro indivíduos foram soltos em uma mesma noite, distanciados em aproximadamente 20 metros, posicionados em linhas perpendiculares ao fragmento. Todos esses procedimentos foram adotados visando minimizar influências olfativas, visuais e acústicas sobre o movimento dos animais. As solturas ocorreram sempre entre 18h e 19h na entressafra e entre 18h30 e 19h30 na safra.

Antes de ser colocado sob o mecanismo, cada indivíduo recebeu um carretel de rastreamento para análise detalhada dos movimentos, seguindo Boonstra e Craine (1986). Foram utilizados carretéis de fio de nylon nº 5 (Culver Textiles Corp., New York), pesando 1,7g (175m de linha) para os roedores e 1g para marsupiais, tingidos com diferentes cores a fim de facilitar a identificação das linhas em campo. Desta forma, o carretel equivalerá no máximo a 5% do peso dos animais para não atrapalhar seu deslocamento. Após serem tingidos, estes foram cobertos com filme de PVC e fita crepe tingida de preto formando um casulo, porém deixando desobstruído o lado por onde sai a linha conforme Cunha e Vieira (2002).

O casulo foi fixado no dorso dos animais (próximo à cintura escapular) com auxílio de uma pequena quantidade de cola do tipo estercianoacrilato (Figura 3), conforme descrito por Cunha e Vieira (2002). Essa metodologia foi utilizada por diversos estudos que demonstram quem não ocorre danos aos animais, com exceção da perda local dos pelos – que voltam a crescer normalmente. Indivíduos que passaram por esse procedimento foram encontrados posteriormente sem qualquer vestígio de cola, como observado em outros estudos (Cunha e Vieira, 2002; Moura *et al.*, 2005; Prevedello *et al.*, 2010; Steinwald *et al.*, 2006) e são capazes de manter suas atividades sem qualquer prejuízo em relação àqueles que não tem o carretel acoplado ao corpo (Steinwald *et al.*, 2006).



Figura 3. Marsupial *G. agilis* com carretel de rastreamento acoplado ao dorso.

Quando colocados sob o mecanismo, a ponta do carretel era amarrada na estrutura de madeira para marcar o início do caminho. O tempo mínimo entre a transferência do indivíduo para a caixa e sua respectiva suspensão foi de cinco minutos, em busca de uma habituação do indivíduo à estrutura recém acoplada ao seu dorso e ao novo ambiente antes de ser liberado. Com o fim da linha, o casulo naturalmente se desprende do animal (Figura 4), o que normalmente ocorre na mesma noite ou no dia seguinte.

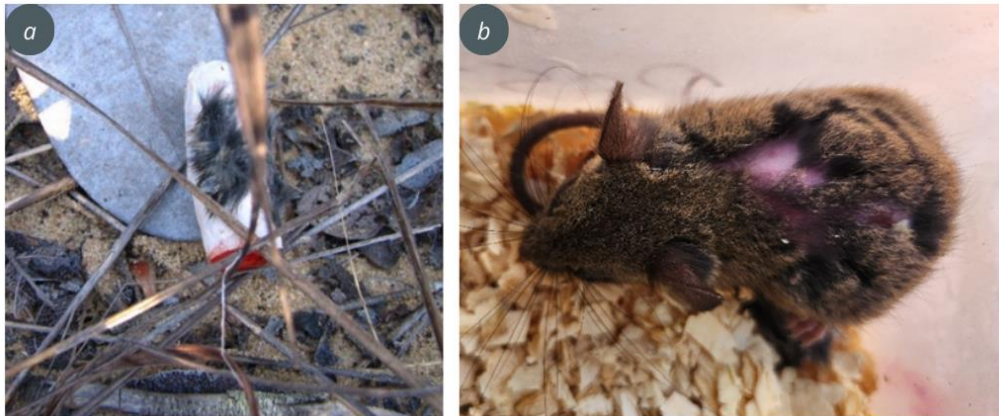


Figura 4. Exemplo de (a) carretel de rastreamento despreendido do dorso de um marsupial *Gracilinanus agilis*, demonstrando a presença de pelo e ausência de outros tecidos (Foto: André F. Mendonça) e (b) dorso de um roedor *Rhipidomys macrurus* após a queda do carretel de rastreamento, demonstrando a não ocorrência de ferimentos ou irritação à pele do animal.

Orientação dos pequenos mamíferos

O trajeto dos indivíduos, demarcado no ambiente através do carretel, era registrado até dois dias após a soltura. Cada passo foi definido como a distância entre dois pontos de mudança de direção e tinha seu comprimento e azimute registrados. A orientação dos indivíduos foi determinada a partir do valor médio dos vetores nos primeiros 20 metros percorridos. Assim, caso o movimento seja orientado para a área de Cerrado, sabe-se que não foram movimentos aleatórios que o levaram até lá (Forero-Medina e Vieira, 2009).

A capacidade de orientação dos indivíduos foi calculada a partir do teste V para uniformidade circular, que permite avaliar se estes estão randomicamente distribuídos pela paisagem ou se estão direcionados à um local específico (Zar, 2009). A direção esperada utilizada no teste foi a que continha o caminho mais curto até o fragmento. Para as solturas na safra, avaliamos também se os indivíduos se orientavam no sentido da linha de plantio, que teve sua direção determinada posteriormente a partir de imagens de satélite.

Na entressafra, três indivíduos de *G. agilis* foram soltos a 30 metros de distância da mata e tiveram seu trajeto orientado, o que possibilitou um aumento da distância para

50 metros. A essa distância, outros sete indivíduos foram liberados e apenas dois não se orientaram para o fragmento, o que levou ao aumento da distância de soltura para 100 metros.

Por fim, foi realizada uma seleção de modelos pelo Critério de Informação de Akaike (AIC), que combina as variáveis explicativas em diferentes subconjuntos de modo a buscar os melhores preditores da variável resposta (Cavanaugh e Neath, 2011). Avaliei se as variáveis: sexo, temperatura, velocidade do vento, distância de soltura e proporção de caminho percorrido na vegetação durante a safra explicam a orientação, determinada aqui como o módulo da diferença entre o ângulo médio dos primeiros 20 metros do trajeto e o ângulo esperado em direção à mata.

A distância de soltura foi um critério considerado apenas para *G. agilis* na entressafra e o sexo não pôde ser utilizado para *R. macrurus* na safra devido ao desequilíbrio na coleta de machos e fêmeas, o que comprometeria a robustez da análise. Por conta da presença de *outliers*, fiz uma regressão linear robusta para os dados de orientação de *R. macrurus* na entressafra.

Tortuosidade do trajeto

A tortuosidade dos trajetos individuais foi definida a partir do índice D-fractal pelo método de divisores (Dicke e Burrough, 1988). Foi calculado o fractal médio de todo o caminho percorrido, assumindo que todos os passos do trajeto teriam o mesmo peso para a determinação da tortuosidade.

A diferença na tortuosidade do trajeto entre a safra e entressafra foi verificada a partir de teste *t* para *G. agilis* ($p > 0,05$ no teste de normalidade de Shapiro-Wilk) e de teste U de Mann-Whitney para *R. Macrurus* ($p < 0,05$ no teste de normalidade de Shapiro-Wilk) (Zar, 2009). Além disso, fiz a análise do coeficiente de correlação entre a tortuosidade do percurso de cada indivíduo e sua orientação para o fragmento de mata (Pearson para *G. agilis* e Spearman para *R. macrurus*). Para as coletas na safra, analisei também a correlação entre a tortuosidade e a orientação para a linha de plantio, considerando sua característica axial.

Uma seleção de modelos pelo Critério de Informação de Akaike (AIC) foi utilizada para avaliar se as variáveis sexo (exceto para roedores na safra), orientação do trajeto completo, proporção de caminho pela vegetação quando na safra e distância de soltura (apenas para marsupiais na entressafra) explicariam a tortuosidade do trajeto. Os valores de fractal médio dos roedores na safra e marsupiais na entressafra precisaram ser

transformados em logaritmo para garantir a normalidade dos resíduos, exigida para um bom desempenho de modelos lineares.

Resultados

A amostragem da comunidade de pequenos mamíferos na M1 durou 17 noites na entressafra e 20 noites no período de safra. Na entressafra, o baixo número de capturas de *Rhipidomys macrurus* impediu que o trajeto dos roedores fosse avaliado a distâncias superiores a 30 metros, totalizando 16 solturas em solo limpo. Para os marsupiais, houve a soltura de 26 indivíduos: três a 30 m, sete a 50 m e 16 a 100 m de distância do fragmento. No período de safra, a coleta de dados coincidiu com a época reprodutiva das duas espécies, o que limitou nossas coletas, visto que evitamos indivíduos grávidas e lactantes. Assim, foram alcançados 16 indivíduos de roedores (sendo apenas duas fêmeas) e 14 indivíduos de marsupiais. Para o alcance desse número, indivíduos lactantes de *Gracilinanus agilis* foram incluídos na captura.

Orientação para o fragmento

Os indivíduos de *R. macrurus* se orientaram para o fragmento na entressafra e na safra a 30 m de distância ($V = 4.22, p < 0.01$; $V = 7.07, p < 0.01$, respectivamente). Os indivíduos de *G. agilis* se orientaram na entressafra a 30 e a 50 m de distância do fragmento ($V = 2.53, p < 0.01$; $V = 2, p < 0.01$), mas não se orientaram a 100 m na entressafra ($V = -3.47, p > 0.9$) e a 30 m na safra ($V = -6.08, p > 0.9$) (Figuras 5 e 6).

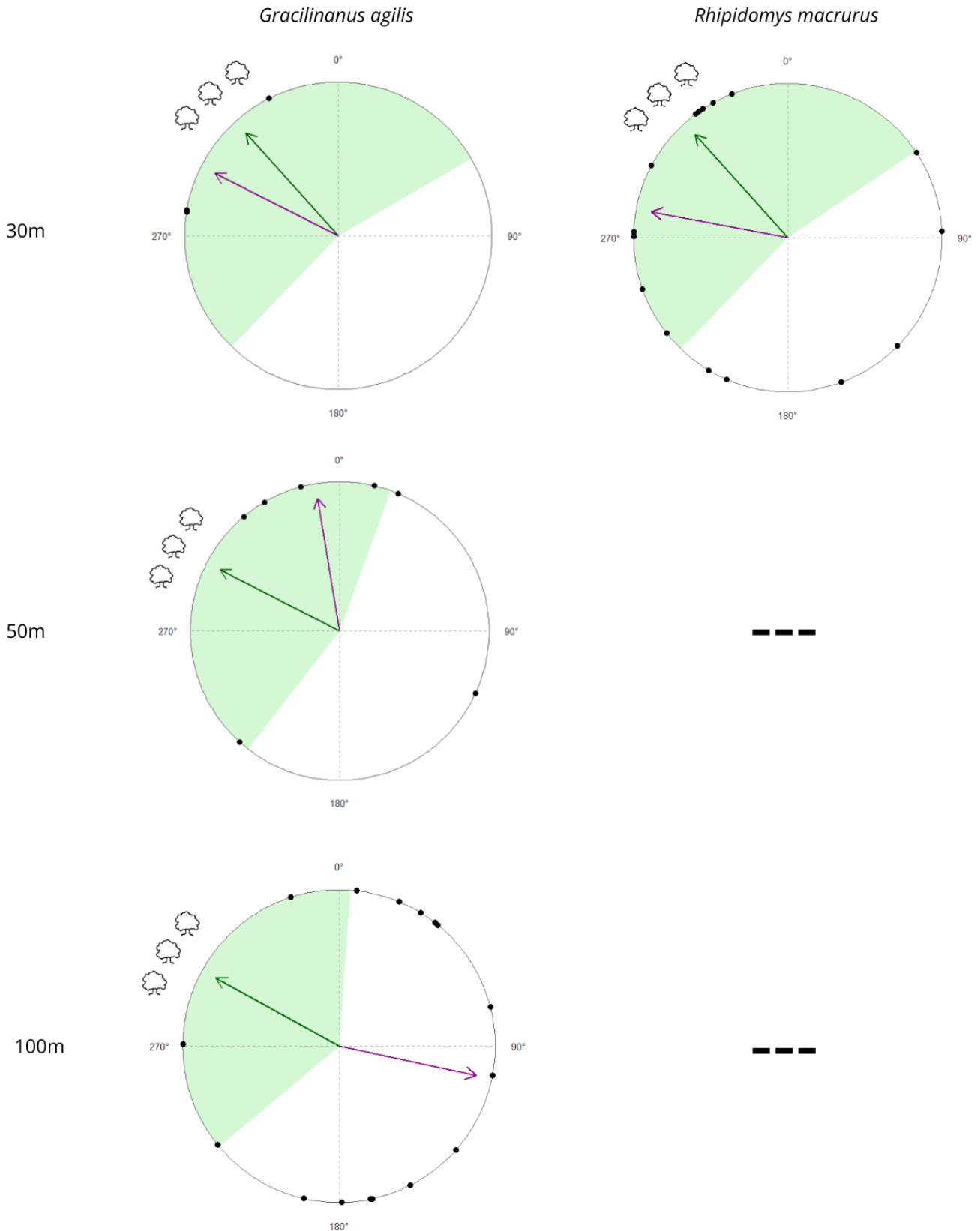


Figura 5. Orientação do movimento do marsupial *Gracilinanus agilis* e do roedor *Rhipidomys macrurus* em direção à uma mata de galeria durante a entressafra da soja no Núcleo Rural Rio Preto, DF. A seta roxa indica o ângulo médio do grupo e a seta verde indica o ângulo do caminho mais curto para o fragmento. A área em verde representa a amplitude da mata e os pontos pretos o ângulo médio dos primeiros 20 metros de cada indivíduo.

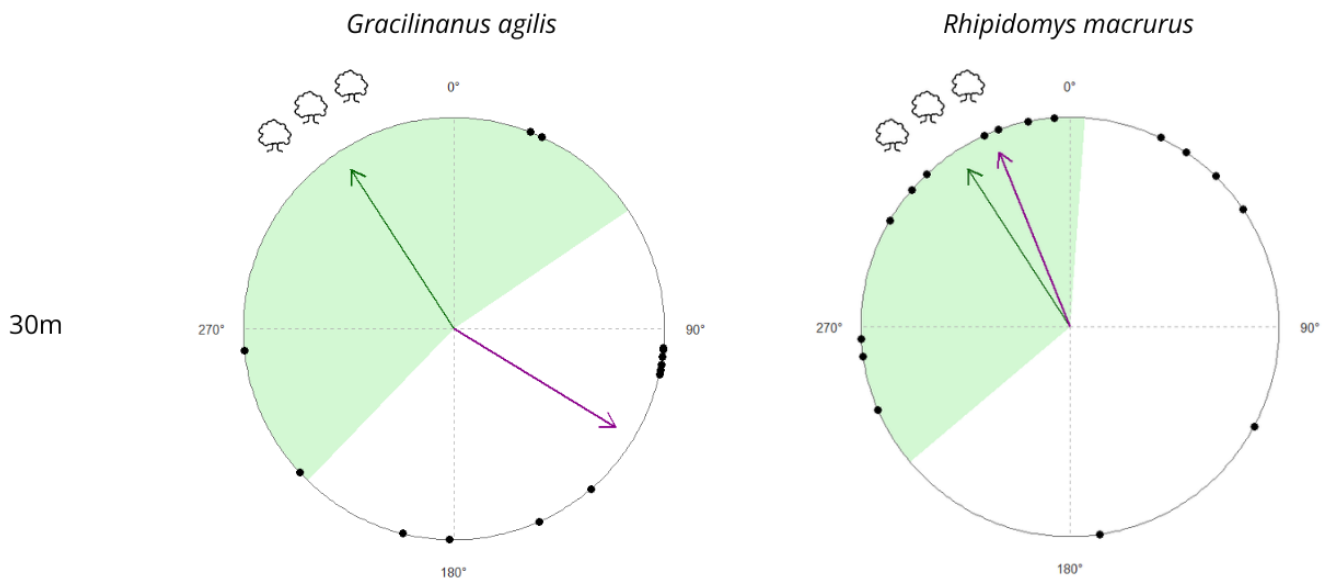


Figura 6. Orientação do movimento do marsupial *Gracilinanus agilis* e do roedor *Rhipidomys macrurus* em direção à uma mata de galeria durante a safra da soja no Nucleo Rural Rio Preto, DF. A seta roxa indica o ângulo médio do grupo e a seta verde indica o ângulo do caminho mais curto para o fragmento. A área em verde representa a amplitude da mata e os pontos pretos o ângulo médio dos primeiros 20 metros de cada indivíduo.

Em relação à influência da linha de plantio durante a safra da soja, observei que apenas o *R. macrurus* se orientou para as linhas de plantio ($V = 4.42, p < 0.01$), o que não aconteceu para *G. agilis*. ($V = -3.93, p > 0.09$) (Figura 7).

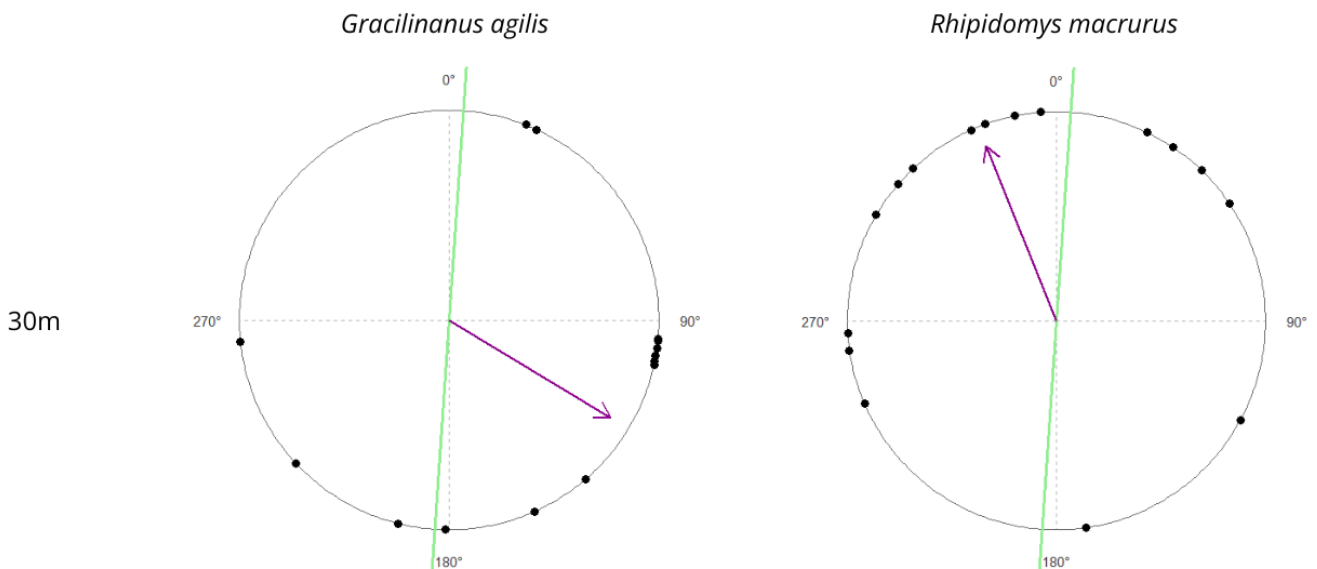


Figura 7. Orientação do movimento do marsupial *Gracilinanus agilis* e do roedor *Rhipidomys macrurus* em relação à angulação das linhas de plantio em uma plantação de soja no Nucleo Rural Rio Preto, DF. A seta roxa indica o ângulo médio do grupo e a linha verde indica o ângulo axial da linha de plantio.

Apesar da não orientação, marsupiais também utilizaram a linha de plantio. Houve parte do caminho também foi percorrido na soja (Tabela 1).

Tabela 1. Tamanho médio do trajeto total percorrido e proporção do trajeto na linha de plantio e na vegetação antrópica.

	Trajeto total (cm)	Trajeto na linha de plantio (%)	Trajeto na vegetação antrópica (%)
<i>G. agilis</i> – entressafra	8050,8 ± 2706,6	—	—
<i>G. agilis</i> – safra	8822,2 ± 2717,9	31,3 ± 16,7	12,5 ± 16,5
<i>R. macrurus</i> – entressafra	6414,3 ± 4064,1	—	—
<i>R. macrurus</i> – safra	11067,6 ± 2785,9	18,3 ± 17	4,1 ± 6,9

A seleção de modelos não identificou significância estatística em nenhum dos preditores avaliados para os marsupiais. Durante a safra, o critério de Akaike determinou que o modelo nulo melhor explica a orientação dos indivíduos de *G. agilis* e na entressafra inclui apenas a distância de soltura, o que foi confirmado pelas análises anteriores (Anexo 1). Para roedores, sexo e velocidade do vento foram preditores relevantes para a orientação na entressafra (Tabela 2).

Tabela 2. Coeficientes da regressão linear robusta, indicando o efeito esperado das variáveis sexo, temperatura e velocidade do vento sobre a orientação de *Rhipidomys macrurus* para o fragmento de mata durante a entressafra.

	Coeficiente	Erro padrão	Valor <i>t</i>
Intercepto	406,7925	382,2605	1,0642
Sexo	-179,8416	47,3160	-3,8009
Temperatura	-15,9034	16,4413	-0,9673
Velocidade do vento	226,3435	55,0683	4,1102

O modelo que melhor explicou a orientação inicial do trajeto para roedores na safra foi o que tinha como preditor apenas a velocidade do vento (Tabela 3). Apesar de não ser um preditor estatisticamente significativo ($p = 0,07$), pode-se indicar uma tendência de associação entre as variáveis.

Tabela 3. Comparação de modelos de regressão linear segundo o Critério de Informação de Akaike (AIC) para a orientação de *Rhipidomys macrurus* na safra. Considerados apenas modelos com $\Delta AIC < 2$.

Modelo	Intercepto	Vegetação	Temperatura	Velocidade do vento	AICc	ΔAIC	Peso
5	85,10	—	—	49,27	203,7	0,00	0,328
1	114,70	—	—	—	203,8	0,09	0,314
7	-993,90	—	47,24	61,90	205,6	1,91	0,127

Tortuosidade do movimento

Não observei diferença na tortuosidade do movimento de *G. agilis* ($t = -0,027171$, $p = 0,9785$) e de *R. macrurus* ($W = 89$, $p = 0,9803$) entre a safra e a entressafra. Não houve correlação entre a tortuosidade e a orientação para a linha de plantio para roedores ($t = -0,052466$, $p = 0,96$), assim como para marsupiais ($t = 0,61211$, $p = 0,55$). Roedores na entressafra apresentaram correlação negativa entre a tortuosidade e a orientação para a mata ($\rho = -0,6727273$, $p = 0,03$). Para roedores na safra ($\rho = -0,1612666$, $p = 0,55$) e marsupiais na entressafra ($t = -0,20501$, $p = 0,84$) e safra ($t = -1,5787$, $p = 0,14$) essa correlação não foi estatisticamente significativa.

Para roedores, o modelo nulo foi o que melhor explicou a tortuosidade do movimento tanto na safra, quanto na entressafra. Sendo assim, a orientação do trajeto, o caminho percorrido na vegetação e o sexo não foram bons preditores da tortuosidade (Anexos 12 e 14). O mesmo aconteceu para os marsupiais na safra (Anexo 10). Para os marsupiais na entressafra, o modelo que melhor explicou a tortuosidade do trajeto incluiu a orientação e o sexo como preditores (Tabela 4). Apesar disso, apenas a variável sexo foi um preditor estatisticamente significativo (Anexo 8).

Tabela 4. Comparação de modelos de regressão linear segundo o Critério de Informação de Akaike (AIC) para a tortuosidade do movimento de *Gracilinanus agilis* na entressafra. Considerados apenas modelos com $\Delta AIC < 2$.

Modelo	Intercepto	Orientação	Distância de soltura	Sexo	AICc	ΔAIC	Peso
6	-3,287	0,002952	—	+	46,9	0,00	0,215
2	-3,456	0,002171	—	—	47,0	0,10	0,204
1	-3,151	—	—	—	47,2	0,34	0,181
8	-3,887	0,002422	0,009019	+	48,3	1,43	0,105
7	-3,924	—	0,012780	+	48,6	1,65	0,094
3	-3,692	—	0,006259	—	48,9	1,96	0,081

Discussão

Avaliei a capacidade perceptual do marsupial *Gracilinanus agilis* e do roedor *Rhipidomys macrurus* provenientes de matas de galeria inseridas em uma matriz de plantio de soja durante a safra e a entressafra. Neste contexto, observei que o *R. macrurus* se orientou a 30 m de distância da mata de galeria na entressafra e na safra. Os indivíduos de *G. agilis*, estiveram orientados para a mata a 30 e 50 m de distância quando na

entressafra, mas não se orientaram a 100 m nessa estação. Tal capacidade de orientação diminuiu na safra, de modo que os indivíduos estiveram não orientados a 30 m de distância do fragmento com a presença de soja na matriz antrópica.

A capacidade perceptual é um fator importante para a determinação da capacidade de dispersão dos organismos (Rocha *et al.*, 2021), inclusive entre fragmentos de paisagens agrícolas (Zollner, 2000). Nossos resultados corroboram a importância da capacidade perceptual para a detecção da mata de galeria para marsupiais, como observado por Prevedello *et al.* (2011), visto que *G. agilis* se mostrou bem orientado à 30 e 50 metros da mata quando solto em solo limpo, mas não a 100 metros. Tal capacidade diminuiu com o desenvolvimento da cultura de soja, o que demonstra que a altura da vegetação antrópica é um fator importante para a determinação da capacidade perceptual, como observado por Forero-Medina e Vieira (2009) para marsupiais em fragmentos de mata paludosa na Baixada Fluminense, RJ.

Nesse contexto, o *G. agilis* é uma espécie de hábito arborícola, mas que se desloca com frequência no solo (Vieira *et al.*, 2012). Essa amplitude no uso do espaço tridimensional pode explicar uma maior distância de orientação para a espécie em solo limpo, que está associada a ambientes com alta degradação (Cáceres e Owen, 2019) e tem populações favorecidas áreas fragmentadas (Cáceres *et al.*, 2010). Apesar do bom desempenho que esse comportamento trouxe para o grupo na entressafra, durante a safra esse pode ter sido um fator que diminui a capacidade perceptual da espécie, que fez cerca de 88% do trajeto sem utilizar a vegetação antrópica.

Dentre outras vantagens, a locomoção acima do solo traz maior eficiência na exploração do espaço disponível (Vieira *et al.*, 2012). Para melhor utilização do espaço tridimensional, a anatomia do sistema visual de marsupiais é otimizada para visão tridimensional (Kimble, 1997; Volchan, 2004). Desta forma, a menor capacidade perceptual do *G. agilis* durante a safra da soja pode ser decorrente da alta densidade dos indivíduos de soja na área do plantio levando à uma maior obstrução visual.

Apesar dos indícios de uma orientação visual, o trajeto percorrido pode ser afetado por outros sentidos. A audição, por exemplo, permite a identificação de potenciais predadores e presas a partir dos sons do ambiente (Aitkin, 2012), o que pode alterar o trajeto. O olfato é também um aliado no forrageamento de mamíferos (Raithel e Gottfried, 2021), podendo estar relacionado à definição do trajeto desses organismos. Apesar disso, não há evidências de que tais sentidos afetem a orientação de marsupiais no ambiente.

Em contrapartida, o roedor *R. macrurus* é mais especialista em relação ao uso

tridimensional do espaço, sendo a conectividade das árvores um fator importante para a sua presença em fragmentos de mata (Cáceres *et al.*, 2010). Mesmo quando em áreas degradadas, está presente apenas em ambientes com baixa degradação e associado à presença de madeira morta (Cáceres e Owen, 2019). Apesar disso, pouco utilizaram a vegetação antrópica, com uma média de 96% do trajeto percorrido no chão quando na safra, possivelmente, devido a estrutura flexível da soja que pode não aguentar o peso do animal. Ainda assim, se orientou a 30 metros de distância do fragmento, tanto na entressafra quanto na safra. A diferença da capacidade perceptual entre as espécies analisadas na safra pode estar relacionada ao tamanho corporal, que é um fator diretamente relacionado à distância perceptual para pequenos mamíferos (Mech e Zollner, 2002).

Outro fator que pode estar relacionado à melhor orientação de *R. macrurus* em relação à *G. agilis* na safra foi o uso da linha de plantio para se deslocar, já que esta foi preparada em uma angulação de 4° em relação à mata. Esse padrão de uso das linhas de plantio por pequenos mamíferos foi descrito para fragmentos de florestas paludosas inseridas em uma matriz de plantio de mandioca (Prevedello e Vieira, 2010).

Animais melhor orientados tendem a um caminho menos tortuoso (Prevedello *et al.*, 2010), como observado para roedores na entressafra. A orientação também foi um fator de influência para a tortuosidade de *G. agilis* na entressafra, corroborando essa afirmação. Usualmente, uma baixa cobertura vegetal está associada à diminuição da tortuosidade de trajetos (Melaschenko e Hodges, 2020) e à supressão de forrageamento (Prugh e Golden, 2014). Apesar disso, a tortuosidade não diferiu estatisticamente para nenhum dos grupos, que demonstraram caminhos pouco tortuosos na safra e na entressafra.

É importante considerar que poucos indivíduos, tanto de roedores quanto de marsupiais, chegaram à mata antes de percorrer todo o carretel, tendo sido registrados inúmeros trajetos repetidos e caminhos de “vai e volta” em pequenos espaços para um mesmo indivíduo durante a safra – o que não aconteceu na entressafra, com o solo limpo. Apesar do caminho pouco tortuoso, as inúmeras e abruptas mudanças de direção observadas em campo sugerem a ausência de um destino pré-definido.

Nossos resultados indicam relações entre poucas das variáveis investigadas com a orientação e a tortuosidade nos movimentos observados. Apesar disso, a velocidade do vento foi um bom preditor para a orientação de roedores tanto na safra, quanto na entressafra. A relação entre vento e orientação também foi anteriormente observada para

outros roedores (Schooley e Branch, 2005).

A capacidade perceptual de *G. agilis* em matriz de soja foi pequena, mesmo quando o solo está limpo. Apesar de não ter conseguido avaliar a distância máxima da capacidade perceptual de *R. macrurus*, a literatura disponível sobre o tema indica que o que foi encontrado para o marsupial em termos de escala também é válido para o roedor. Ao contrário do esperado, não houve diferença na tortuosidade entre a safra e a entressafra e a linha de plantio foi importante para a orientação do movimento apenas para roedores. O desenho de plantações considerando o uso da linha de plantio por pequenos mamíferos pode otimizar o uso da matriz antrópica por esses animais, se tornando um aliado na ampliação da conectividade funcional de paisagens.

Conclusão

A capacidade perceptual do marsupial *G. agilis* para a mata de galeria realmente foi curta, sendo menor que 100 metros na entressafra e menor que 30 metros na safra. Esse resultado sugere que a obstrução vertical decorrente do plantio da soja, influencia negativamente a capacidade perceptual do *G. agilis*.

Para o roedor *R. macrurus*, a capacidade perceptual foi evidenciada a 30 metros de distância da mata, não havendo diferença da orientação a essa distância entre a safra e a entressafra. Devido ao baixo número de capturas, a capacidade perceptual não pôde ser testada a distâncias maiores.

A tortuosidade do movimento de ambas espécies não foi significativamente diferente entre a safra e a entressafra.

Por fim, constatamos *R. macrurus* utilizou as linhas de plantio para se deslocar durante a safra da soja.

Referências bibliográficas

- Aitkin, L. (2012). Hearing—the brain and auditory communication in marsupials (Vol. 36). Springer Science & Business Media.
- Bonvicino, C. R., Lindbergh, S. M., & Maroja, L. S. (2002). Small non-flying mammals from conserved and altered areas of Atlantic Forest and Cerrado: comments on their potencial use for monitoring environment. *Brazilian Journal of Biology*, 62, 765-774.
- Bonvicino, C. R., Oliveira, J. D., & D'Andrea, P. S. (2008). Guia dos roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseadas em caracteres externos. *Série de Manuais Técnicos; 11*.

- Boonstra, R., & Craine, I. T. (1986). Natal nest location and small mammal tracking with a spool and line technique. *Canadian Journal of Zoology*, *64*(4), 1034-1036.
- Cáceres, M. B. B., & Owen, R. D. (2019). Relación de los pequeños mamíferos terrestres (Rodentia y Didelphimorphia) con la estructura de la vegetación en el Bosque Atlántico Interior-un análisis multivariado. *Therya*, *10*(3), 359-369.
- Cáceres, N. C., Nápoli, R. P., Casella, J., & Hannibal, W. (2010). Mammals in a fragmented savannah landscape in south-western Brazil. *Journal of Natural History*, *44*(7-8), 491-512.
- Camargo, N. F., dos Reis, G. G., Mendonça, A. F., Laumann, R. A., Nardoto, G. B., de Camargo, A. J. A., & Vieira, E. M. (2022). Native marsupial acts as an in situ biological control agent of the main soybean pest (*Euschistus heros*) in the Neotropics. *European Journal of Wildlife Research*, *68*(5), 62.
- Campbell, B. M., Frost, P., & Byron, N. (1996). Miombo woodlands and their use: Overview and key issues. In B. M. Campbell (Ed.), *The miombo in transition: Woodlands and welfare in Africa* (pp. 1–10). Center for International Forestry Research (CIFOR).
- Canale, G. R., Peres, C. A., Guidorizzi, C. E., Gatto, C. A. F., & Kierulff, M. C. M. (2012). Pervasive defaunation of forest remnants in a tropical biodiversity hotspot. *PlosONE* *7*(8): e41671.
- Cavanaugh, J. E., & Neath, A. A. (2011). Akaike's information criterion: Background, derivation, properties, and refinements. In *International encyclopedia of statistical science* (pp. 26-29). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Cerqueira, R. (2005). Fatores ambientais e a reprodução de marsupiais e roedores no leste do Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, *63*(1), 29-39.
- Cunha, A., & Vieira, M. (2002). Support diameter, incline, and vertical movements of four didelphid marsupials in the Atlantic forest of Brazil. *Journal of Zoology*, *258*(4), 419-426.
- D'Eon, R. G., Glenn, S. M., Parfitt, I., & Fortin, M. J. (2002). Landscape connectivity as a function of scale and organism vagility in a real forested landscape. *Conservation Ecology*, *6*(2).
- Dicke, M., & Burrough, P. A. (1988). Using fractal dimensions for characterizing tortuosity of animal trails. *Physiological Entomology*, *13*(4), 393-398.
- Dunning, J. B., Danielson, B. J., & Pulliam, H. R. (1992). Ecological processes that affect populations in complex landscapes. *Oikos*, p. 169-175.
- Fahrig, L., & Merriam, G. (1985). Habitat patch connectivity and population survival.

- Ecology*, v. 66, n. 6, p. 1762-1768.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2001). *The role of cassava in rural and industrial development in Thailand*.
- Forero-Medina, G., & Vieira, M. V. (2009). Perception of a fragmented landscape by neotropical marsupials: effects of body mass and environmental variables. *Journal of Tropical Ecology*, 25(1), 53-62.
- Goodwin, B. J., & Fahrig, L. (2002). How does landscape structure influence landscape connectivity?. *Oikos*, 99(3), 552-570.
- Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., ... & Townshend, J. R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science advances*, 1(2), e1500052.
- Hanski, I. (2011). Habitat loss, the dynamics of biodiversity, and a perspective on conservation. *Ambio*, 40(3), 248-255.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Kimble, D. P. (1997). Didelphid behavior. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 21(3), 361-369.
- Laurance, W. F. (1997). Responses of Mammals to Rainforest Fragmentation in Tropical Queensland: a Review and Synthesis. *Wildlife Research*, 24(5), 603.
- Li, X., Tian, H., Lu, C., & Pan, S. (2023). Four-century history of land transformation by humans in the United States (1630–2020): annual and 1 km grid data for the HIStory of LAND changes (HISLAND-US). *Earth System Science Data*, 15(2), 1005-1035.
- Lima, S. L., & Zollner, P. A. (1996). Towards a behavioral ecology of ecological landscapes. *Trends in Ecology & Evolution*, 11(3), 131-135.
- Lopes, G. P., & Leiner, N. O. (2015). Semelparity in a population of *Gracilinanus agilis* (Didelphimorphia: Didelphidae) inhabiting the Brazilian cerrado. *Mammalian Biology*, 80, 1-6.
- Lourenço, Á., Souza, C. V., Mendonça, A. F., Reis, G. G., Linhares, P. F., Moura, R. P., & Vieira, E. M. (2024). Increasing fire severity alters the species composition and decreases richness of seeds potentially dispersed by small mammals. *Biotropica*, 56(3), e13318.
- Mech, S. G., & Zollner, P. A. (2002). Using body size to predict perceptual range. *Oikos*, 98(1), 47-52.
- Melaschenko, N. C., & Hodges, K. E. (2020). What factors predict path tortuosity of Great Basin

- pocket mice in shrub-steppe habitat invaded by cheatgrass?. *Journal of Mammalogy*, *101*(1), 226-233.
- Meyer, W. B., & Turner, B. L. (1992). Human population growth and global land-use/cover change. *Annual review of ecology and systematics*, *23*(1), 39-61.
- Moura, M. C., Caparelli, A. C., Freitas, S. R., & Vieira, M. V. (2005). Scale-dependent habitat selection in three didelphid marsupials using the spool-and-line technique in the Atlantic forest of Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, *21*(3), 337-342.
- Nepstad, L. S., Gerber, J. S., Hill, J. D., Dias, L. C., Costa, M. H., & West, P. C. (2019). Pathways for recent Cerrado soybean expansion: extending the soy moratorium and implementing integrated crop livestock systems with soybeans. *Environmental Research Letters*, *14*(4), 044029.
- Paglia, A. P., Da Fonseca, G. A., Rylands, A. B., Herrmann, G., Aguiar, L. M., Chiarello, A. G., ... & Patton, J. L. (2012). Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil 2ª Edição/ Annotated Checklist of Brazilian Mammals. *Occasional papers in conservation biology*, *6*(6).
- Prevedello, J. A., & Vieira, M. V. (2010). Plantation rows as dispersal routes: a test with didelphid marsupials in the Atlantic Forest, Brazil. *Biological Conservation*, *143*(1), 131-135.
- Prevedello, J. A., Forero-Medina, G., & Vieira, M. V. (2010). Movement behaviour within and beyond perceptual ranges in three small mammals: effects of matrix type and body mass. *Journal of Animal Ecology*, *79*(6), 1315-1323.
- Prevedello, J. A., Forero-Medina, G., & Vieira, M. V. (2011). Does land use affect perceptual range? Evidence from two marsupials of the Atlantic Forest. *Journal of Zoology*, *284*(1), 53-59.
- Prugh, L. R., & Golden, C. D. (2014). Does moonlight increase predation risk? Meta-analysis reveals divergent responses of nocturnal mammals to lunar cycles. *Journal of animal ecology*, *83*(2), 504-514.
- Raithel, C. U., & Gottfried, J. A. (2021). Using your nose to find your way: Ethological comparisons between human and non-human species. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, *128*, 766–779.
- Rocha, É. G. D., Brigatti, E., Niebuhr, B. B., Ribeiro, M. C., & Vieira, M. V. (2021). Dispersal movement through fragmented landscapes: the role of stepping stones and perceptual range. *Landscape Ecology*, *36*(11), 3249-3267.
- Sancha, N. U., D'Elía, G., Tribe, C. J., Perez, P. E., Valdez, L., & Pine, R. H. (2011). *Rhipidomys* (Rodentia, Cricetidae) from Paraguay: noteworthy new records and identity of the

- Paraguayan species. *Mammalia*, 75(3). doi:10.1515/mamm.2011.022
- Schooley, R. L., & Branch, L. C. (2005). Limited perceptual range and anemotaxis in marsh rice rats *Oryzomys palustris*. *Acta theriologica*, 50, 59-66.
- Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Distrito Federal [SEMA]. (2017). Caderno técnico da matriz ecológica do zoneamento ecológico-econômico do Distrito Federal.
- Steinwald, M. C., Swanson, B., & Waser, P. (2006). Effects of spool-and-line tracking on small desert mammals. *The Southwestern Naturalist*. 51. 71-78.
- Strassburg, B. B., Brooks, T., Feltran-Barbieri, R., Iribarrem, A., Crouzeilles, R., Loyola, R., ... & Balmford, A. (2017). Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology & Evolution*, 1(4), 0099.
- Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G. (1993). Connectivity is a vitalelement of landscape structure. *Oikos*, 571-573.
- Tischendorf, L., & Fahrig, L. (2000). On the usage and measurement of landscape connectivity. *Oikos*, 90(1), 7-19.
- Vieira, E. M., Camargo, N. F., & Cáceres, N. (2012). Uso do espaço vertical por marsupiais brasileiros. *Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e conservação* (NC Cáceres, org.). Editora UFMS, Campo Grande, Brazil, 345-362.
- Vieira, M. V., Olifiers, N., Delciellos, A. C., Antunes, V. Z., Bernardo, L. R., Grelle, C. E. V., & Cerqueira, R. (2009). Land use vs. fragment size and isolation as determinantsof small mammal composition and richness in Atlantic Forest remnants. *Biological Conservation*, 142(6), 1191–1200.
- Villard, M. A., & Haché, S. (2012). Conifer plantations consistently act as barriers to movement in a deciduous forest songbird: a translocation experiment. *Biological Conservation*, 155, 33-37.
- Volchan, E., Domingues Vargas, C., Da Franca, J. G., Pereira, A., & Da Rocha-Miranda, C. E. (2004). Tooled for the task: vision in the opossum. *Bioscience*, 54(3), 189-194.
- Wilcox, B. A., & Murphy, D. D. (1985). Conservation Strategy: The Effects of Fragmentation on Extinction. *The American Naturalist*, 125(6), 879–887.
- Zangrandi, P. L., & Vieira, E. M. (2023). Semelparous reproductive strategy in new world marsupials. *In American and Australasian Marsupials: An Evolutionary, Biogeographical, and Ecological Approach* (pp. 903-930). Cham: Springer International Publishing.
- Zar, J. H. (2009). *Biostatistical analysis* (5^a ed.). Prentice Hall.
- Zollner, P. A. (2000). Comparing the landscape level perceptual abilities of forest sciurids in

fragmented agricultural landscapes. *Landscape ecology*, 15, 523-533.

Zollner, P. A., & Lima, S. L. (1999). Search strategies for landscape-level interpatch movements. *Ecology*, 80(3), 1019-1030.

CAPÍTULO 2

Percepção social da fragmentação de habitat: a escola
como espaço de discussões sobre questões ambientais

Introdução

As paisagens alteradas por produção agrícola, que cobrem grande parte do Cerrado atualmente, podem gerar diferentes consequências na percepção e entendimento das pessoas acerca da importância das áreas naturais. Isso é também influenciado pela geração de renda através do agronegócio, sendo este sinônimo de desenvolvimento nacional e consistindo na principal atividade econômica em várias regiões do Cerrado em relação a geração de renda e empregos. Mesmo que a maior parte dos habitantes das áreas rurais tenham uma relação positiva com as áreas naturais, essa oferta de empregos ligada ao agronegócio pode gerar uma minimização da importância ambiental de áreas naturais para esse grupo (Silva et al., 2019).

Apesar disso, “todo indivíduo tem a capacidade de desempenhar papéis importantes na melhoria do planeta” (Pádua, 2001, p. 77). Esse potencial pode ser despertado através de ações de educação ambiental, incentivando a comunidade local a conhecer as riquezas ambientais da região, reconhecer as problemáticas envolvendo suas formas de uso e buscar soluções. Essas ações devem despertar o sentimento das pessoas – tanto pelo ambiente em que estão inseridas, quanto o de reconhecimento do seu potencial enquanto agente de mudança (Pádua, 2001). Quando esse processo é bem-sucedido, a população local se torna apta a discutir de forma crítica a gestão de políticas públicas ambientais (Pádua & Sá, 2002).

O ser humano se desenvolve a partir das estruturas culturais e do conhecimento difundido no ambiente em que está inserido. Esses conhecimentos foram produzidos historicamente por outros seres humanos, sendo repassado para as crianças ao longo de seu desenvolvimento. Nesse sentido, a escola surge como um ambiente em que esses conhecimentos prévios, formados a partir da vivência comunitária, serão percebidos, problematizados e discutidos a partir de novos contextos visando a prática social. O educador é, portanto, um mediador entre o conhecimento e a prática social do educando, que, por sua vez, é agente de mudanças sociais (Saviani, 2016).

Tendo isso em vista, a escola tem o papel fundamental de levantar a discussão sobre os efeitos desses processos para a conservação dos ambientes naturais. A educação ambiental é um dos Temas Contemporâneos Transversais presentes na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Ministério da Educação [MEC], 2018) e é definida pela legislação brasileira como

“os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades,

atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade” (Brasil, 1999, p. 1).

Os Temas Contemporâneos Transversais surgem na BNCC de modo a assegurar nos currículos educacionais a proposta de educação para a cidadania como princípio norteador da educação. A transversalidade está em entender que assuntos como Cidadania e Civismo, Ciência e Tecnologia, Economia, Meio Ambiente, Multiculturalismo e Saúde são temas que atravessam as experiências dos estudantes em seus diferentes contextos. A contemporaneidade está em compreender que esses temas tratam de questões atuais, que devem ser discutidas pela sociedade a partir de diferentes áreas de conhecimento de forma integrada e complementar (MEC, 2019).

A abordagem desses temas deve ser inserida nos conteúdos curriculares tradicionais de forma integrada entre duas ou mais disciplinas escolares. Essa dinâmica pode ajudar a diminuir a fragmentação do conhecimento escolar e a ampliar as discussões que ali acontecem para a vida cotidiana desses estudantes (MEC, 2019).

Outro elemento trazido pela BNCC é o fato de que o estudante do ensino fundamental deve ser capaz de compreender, interpretar e transformar o mundo a partir dos conhecimentos científicos. Para isso, o processo de aprendizagem deve ser investigativo, de modo que os estudantes consigam revisitar os conhecimentos desenvolvidos em sala de aula e refletir sobre sua aplicação no mundo que os cerca (MEC, 2018). A escola deve estimular a criatividade do estudante e trabalhar criticamente seu entendimento sobre os fatos, de modo que este assuma seu papel na produção do próprio saber (Freire, 2021).

Tal processo pode ser facilitado pelo trabalho lúdico em sala de aula, que deve seguir como um aliado ao processo de ensino-aprendizagem no ensino fundamental, dando continuidade ao trabalho de percepção e relação com o mundo iniciado na educação infantil (MEC, 2018). Os jogos são um dos instrumentos lúdicos utilizados na promoção de aprendizagens e, quando utilizados em espaços educativos com a intencionalidade de auxiliar a construção de um conceito, podem ser classificados como didáticos ou pedagógicos (Cleophas *et al.*, 2018).

Os jogos didáticos geralmente são adaptações de jogos preexistentes utilizadas para reforçar um conceito trabalhado em sala de aula. Os jogos pedagógicos são aqueles que não precisam de uma discussão conceitual anterior, podendo ser utilizado para introduzir um assunto em sala de aula (Cleophas *et al.*, 2018). A utilização de brinquedos

e jogos na educação pode auxiliar no desenvolvimento de diferentes habilidades infantis. Essas atividades podem despertar ações afetivas, cognitivas, físicas e sociais e seu uso pode potencializar a construção do conhecimento quando ocorre a sistematização dos conceitos ali trabalhados (Kishimoto, 1996).

A formulação de perguntas surge a partir da curiosidade das crianças, que por sua vez é despertada a partir das suas vivências socioculturais (MEC, 2018). Discutir a realidade a partir de jogos pode tornar a transformação de mundo mais palpável para a criança, de modo que ela tenha liberdade para explorar sua subjetividade nessas ações (Silva *et al.*, 2007). Quando bem orientada, essa ferramenta pode auxiliar no desenvolvimento do senso crítico e na elaboração de soluções para o problema apresentado, a partir das ferramentas teóricas previamente discutidas em sala de aula (Lima e Catanhede, 2020).

Objetivo

Objetivo geral

Fornecer ferramenta pedagógica para que a dinâmica do uso da terra possa ser discutida por estudantes que vivem em região de alta fragmentação.

Objetivos específicos

- 01 Conhecer a relação da comunidade local com o ambiente natural a partir dos relatos dos estudantes;
- 02 Averiguar o trabalho de educação ambiental que ocorre nas escolas da região a partir de conversas com docentes, gestores e de documentação escolar;
- 03 Desenvolver e testar um jogo pedagógico para tornar mais palpável a compreensão do conceito de conectividade funcional e sua importância para a manutenção de populações animais.

Hipóteses

Hipótese 1: As escolas devem trabalhar a importância do Cerrado dentro do Tema Transversal proposto pela BNCC.

Hipótese 2: Muitos estudantes devem desconsiderar a importância do Cerrado e entender as atividades agroeconômicas como mais importantes.

Hipótese 3: Os estudantes não devem conhecer conceitos como conectividade funcional.

Hipótese 4: O jogo cumprirá seu papel em apresentar o conceito e gerar reflexão sobre o

tema.

Material e métodos

Área de estudo e caracterização da comunidade escolar

O estudo foi desenvolvido na região em que a pesquisa ecológica foi desenvolvida. Foram selecionadas as escolas que atendem o Ensino Fundamental II, visto que o público alvo das atividades foram estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental, com idade esperada entre 11 e 13 anos. A escolha do público alvo se deu a partir do objetivo EF07CI08 apresentado pela Base Nacional Comum Curricular (MEC, 2018), que consiste em

“Avaliar como os impactos provocados por catástrofes naturais ou mudanças nos componentes físicos, biológicos ou sociais de um ecossistema afetam suas populações, podendo ameaçar ou provocar a extinção de espécies, alteração de hábitos, migração etc.” (MEC, 2018, p.299).

Durante a visita às escolas, foram realizadas uma entrevista semiestruturada com um representante da gestão escolar (Anexo 16) e outra com o docente da disciplina Ciências das turmas participantes (Anexo 17), de modo a conhecer melhor a relação da comunidade escolar com o dia a dia das instituições de ensino e compreender a dinâmica das atividades de educação ambiental ali desenvolvidas.

Além das entrevistas, foram analisados os Projetos Político Pedagógicos (PPP) dessas escolas. A análise desses documentos permitiu conhecer as ações de educação ambiental previstas na escola, assim como quão relacionadas à importância do Cerrado elas estão – tendo como foco a conservação do bioma e o conceito de conectividade funcional.

Caracterização das escolas

A região conta com três escolas que ofertam o Ensino Fundamental II, que nesse trabalho serão identificadas como CEF1, CEF2 e CEF3 e foram caracterizadas a partir de seus Projetos Político Pedagógicos. A pesquisa aconteceu nas três para entender semelhanças no trabalho com comunidades escolares de uma mesma paisagem. Um problema comum às três unidades escolares é a itinerância de estudantes por conta da sazonalidade da produção agrícola, o que faz com que muitos estudantes saiam da escola durante o ano letivo para acompanhar seus responsáveis em trabalhos em outros lugares.

O CEF1 é uma escola que atende 105 estudantes em período integral, com duas turmas de 7º ano – uma com 10 e outra com 11 estudantes. A renda das famílias atendidas pela unidade escolar é advinda da produção agrícola familiar e trabalho em fazendas e empresas rurais, assim como trabalhos informais.

O PPP apresenta o papel da escola tanto na perspectiva de um “futuro promissor” quanto na preservação e enriquecimento da cultura e valores tradicionais das comunidades agrícolas. A escola trabalha de modo a integrar o conhecimento científico com o conhecimento tradicional, de uma forma que haja uma educação contextualizada que contribua para o desenvolvimento sustentável da comunidade. Há uma busca pelo desenvolvimento integral do estudante, que impacte não apenas sua vida acadêmica mas a comunidade em que estão inseridos.

Apesar disso, é importante destacar que o objetivo geral da unidade escolar inclui “fomentar a participação ativa dos membros da comunidade, incluindo pais, agricultores, líderes locais e demais interessados, como parceiros essenciais no processo educativo” (PPP CEF1).

O CEF2 atende 330 estudantes, com duas turmas de 7º ano com 27 e 28 estudantes. A fonte de renda das famílias está ligada majoritariamente ao trabalho no campo, sendo poucos estudantes proprietários ou arrendários de terras. Há também uma parcela que mora em um assentamento próximo, cuja renda familiar vem de trabalhos urbanos.

Segundo o PPP, a escola se percebe como um espaço de construção e socialização de conhecimento, valorizando a produção material e imaterial da população do campo. O estudante é, portanto, um sujeito de transformação social e o professor deve considerar a bagagem cultural e a realidade de cada estudante no processo de aprendizagem. Os projetos da escola buscam a autonomia do indivíduo para transformar a sua realidade a partir da formação integral do cidadão para o exercício da cidadania plena. Parte do objetivo da escola está em “educar para a cidadania plena por meio de práticas pedagógicas, fulcradas na leitura, que propiciem as aprendizagens significativas e transformadoras, capazes de promover a autonomia do estudante” (PPP CEF2).

Entende-se que, por estar inserida em uma região de produção de grãos que “geram riquezas para uns e exploração para outros” (PPP CEF2), as ações pedagógicas dessa unidade escolar devem “fomentar o desejo de transformação do campo, [...] fortalecendo a agricultura familiar e a qualidade de vida das pessoas do campo” (PPP CEF2). É uma escola que busca sempre promover a inclusão da comunidade escolar em

suas atividades, inclusive mantendo um diálogo para buscar atender as necessidades e as demandas que a comunidade porventura tenha.

O CEF3 atende aproximadamente 190 estudantes em tempo integral, com uma turma de 7º ano composta por 20 estudantes. Os estudantes moram nas colônias agrícolas próximas à escola e utilizam o transporte escolar oferecido pela SEEDF. Os responsáveis pelas crianças são, em sua maioria, trabalhadores de fazendas ou de empresas rurais – mas há aqueles que são produtores rurais.

Sendo uma escola do campo, a unidade escolar entende a importância de valorizar os saberes da comunidade, “resgatando tradições e culturas populares” (PPP CEF3). O PPP destaca também a valorização do território comunitário para a aprendizagem e para a construção de projetos socioculturais. A instituição traz, como parte de seu objetivo, a formação de um “cidadão consciente, ético, crítico e participativo; apto a construir um projeto de vida que dê conta de suas relações com a sociedade e com a natureza” (PPP CEF3).

Essa autopercepção como uma escola do campo asparece nos Projetos Político-Pedagógicos e nas falas trazidas pelas gestões das três escolas, o que é confirmado pelo registro destas na lista de escolas que ofertam Educação do Campo do Governo do Distrito Federal (SEEDF, 2025). Nessa modalidade da Educação Básica, os aspectos pedagógicos devem trabalhar em conjunto com a realidade rural, considerando suas reais necessidades e interesses, uma organização escolar própria e adequação à natureza do trabalho rural (CNE, 2010).

Percepção do ambiente pelas crianças

As atividades com os estudantes aconteceram durante uma aula dupla a critério da escola. No CEF1 aconteceu no horário da Parte Diversificada, com o professor de ciências em sala; no CEF2 aconteceu em horários das disciplinas de geografia e de artes; no CEF3 aconteceu em horários da disciplina ciências com a professora em sala. A primeira atividade foi uma conversa com os estudantes (Anexo 18) com duração média de 10 minutos, em que eles falaram sobre as mudanças observadas no ambiente em que cresceram, os animais e plantas que costumam ver naquela paisagem e sobre o trânsito de animais entre as áreas nativas e as áreas de plantação. Ainda nessa conversa, falaram sua percepção sobre os ratos e a relação destes com os seres humanos. Em seguida, apresentei o conceito de conectividade funcional e o jogo da segunda atividade.

As entrevistas com a gestão escolar e com os docentes, assim como a conversa

com os estudantes foram gravadas em áudio e posteriormente transcritas com o auxílio de aplicativos de transformação de áudio em texto. Os textos gerados pelas entrevistas e os PPP das escolas foram explorados através da análise de conteúdo. Essa metodologia permite, a partir da sistematização e de análises objetivas do discurso, a descrição do conteúdo que aquela mensagem traz (Bardin, 2009).

Aplicação do jogo

A aplicação do jogo aconteceu após a conversa, ainda em sala de aula. Este consiste em um jogo competitivo, mas que exige colaboração. Nele, cada estudante é responsável por uma comunidade de mamíferos que deve passar de um fragmento de Cerrado a outro no tabuleiro utilizando os conceitos associados à conectividade funcional (Figura 8). O jogo conta com cartas (Anexo 20) e regras (Anexo 19) que favorecem atividades agrícolas, de modo que os estudantes deverão pensar em como manter a conectividade funcional sem perder a relação com os gestores das paisagens antropizadas.



Figura 8. Montagem do tabuleiro no início de uma partida. O desenho dos fragmentos foi pré-estabelecido, assim como a determinação dos fragmentos de origem e destino. As peças azuis representam corpo d'água, o verde claro representa a matriz antrópica (soja, no caso dessa paisagem), o verde bandeira representa fragmentos de Cerrado original e o verde mais escuro representa o Cerrado reestabelecido pelos estudantes.

Cada jogador começa com sua população em um fragmento na diagonal oposta ao fragmento pretendido e deve utilizar moedas para transformar áreas de plantio em vegetação nativa. Cada espécie tem uma quantidade de “casas” de matriz de soja que pode atravessar, simulando sua capacidade perceptual. Ganha o jogador que primeiro levar toda a comunidade para o fragmento final. Entre rodadas há dinâmicas reprodutivas,

possibilidade de extinção local, taxas a serem pagas para diminuir o prejuízo do fazendeiro e cartas de “Eventos Aleatórios” que interferirão em cada rodada.

O objetivo principal é fazê-los ponderar como ações de conservação podem ser pensadas junto a atividades agrícolas, introduzindo conceitos ecológicos. A avaliação do cumprimento desse objetivo foi feita a partir do feedback que estudantes e professores deram sobre a atividade, assim como pelo desenho de estratégias e soluções encontradas pelos estudantes enquanto a atividade acontecia. Essas informações foram registradas em áudios e imagens fotográficas, assim como anotações de campo. Os áudios foram integralmente transcritos e passaram por análise de conteúdo (Bardin, 2009).

Resultados e discussão

Caracterização da comunidade escolar

Ao todo, 65 estudantes participaram das atividades. Tanto a gestão escolar, quanto os estudantes das três escolas declararam que a maior parte dos responsáveis são trabalhadores rurais, com algumas exceções como motorista de ônibus, auxiliar de limpeza, atendimento em mercearia, vigilante, professora, policial, técnico de enfermagem e eletricitista. O trabalho dos responsáveis pode ajudar na compreensão da visão de mundo que as crianças ou suas respectivas famílias porventura tenham.

É na família, independentemente de sua configuração, que acontecem os primeiros vínculos afetivos do ser humano e onde ocorrem as primeiras transmissões de valores morais e sociais (Nascimento *et al.*, 2021). Sendo assim, a agricultura como fonte de renda principal da maior parte das famílias atendidas pelas escolas participantes pode influenciar a relação que as crianças tenham com o Cerrado nativo. Isso porque, mesmo entendendo as consequências negativas do agronegócio ao ambiente natural e estando cientes da importância dele para a manutenção da vida, a dependência financeira desse modelo de negócio pode relativizar a visão de mundo dos envolvidos (Silva *et al.*, 2019).

Outra característica comum às três escolas é a dificuldade que as famílias encontram ao participar das atividades escolares, que se dá tanto pela distância entre as escolas e as residências, quanto pela dificuldade em sair do trabalho no horário em que as atividades acontecem. A gestão do CEF1 afirma que as famílias são muito presentes de forma virtual, enquanto no CEF3 há participação das famílias em projetos como a horta e as atividades de culinária. A gestão do CEF2 afirmou que os responsáveis não participam do dia a dia escolar, provavelmente por morarem, em sua maioria, no assentamento que é distante da escola.

É sabido que a escola é um ambiente que busca a formação humana integral para a “construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva” (MEC, 2018, p. 19). No campo, em especial, essa construção é feita em diálogo direto entre a escola e a comunidade. É importante que a escola seja um ambiente em que tanto estudantes quanto seus responsáveis sintam fazer parte, construindo ali um ambiente de articulação da mudança social pretendida (Martins *et al.*, 2021).

Uma das vias essenciais para que isso aconteça é a construção de um ambiente de troca efetiva entre os conhecimentos comunitários e o conhecimento acadêmico e científico. Quando a comunidade escolar não consegue participar efetivamente das atividades promovidas pela escola, os estudantes se tornam a ponte entre a realidade vivida pela comunidade da qual fazem parte e os caminhos de mudança propostos por quem não vive essa realidade diretamente. O estudante deve se reconhecer não apenas como um ser no mundo, mas como parte integrante desse mundo e, conseqüentemente, parte da mudança – como propõe Freire (2023).

Um exemplo dessa importância de autopercepção pode ser desenhada pela fala do professor do CEF1. Segundo ele, essa unidade escolar fica em uma área muito próxima a áreas de plantação, de modo que seja comum professores e estudantes verem aviões liberando defensivos agrícolas próximo à escola no horário de aula, assim como sentir o cheiro desse tipo de produto quando estão em sala. Sendo os malefícios de tais defensivos amplamente conhecidos, principalmente em exposição direta, a escola pode ser um ambiente de busca de soluções para essa questão a partir da problematização e do reconhecimento do papel do estudante enquanto cidadão do e no mundo.

Percepção do ambiente pelos estudantes

Configuração da paisagem

A região onde estão localizadas as escolas conta com muitas fazendas de monocultura, com as áreas naturais de Cerrado ocorrendo apenas em morros – porções em que o maquinário de plantio não alcança. Essa configuração, determinada pela produção em larga escala, pode causar o distanciamento da população local de ambientes naturais, alterando a forma que a importância da manutenção dessas áreas é percebida (Velasco, 2009).

Santos (2001) afirma que, para que haja uma mudança de atitudes para a melhoria da qualidade de vida, é essencial que o indivíduo se reconheça como parte do ambiente, se sensibilize com os problemas que ele enfrenta e compreenda sua responsabilidade

sobre esse sistema. Os estudantes das três escolas afirmaram que a paisagem sempre foi como está agora: um misto de áreas naturais e áreas de plantio. Um estudante do CEF1 afirmou que “lá na minha casa é mais árvore que plantação, mas só na minha chácara. Os outros fazendeiros deixam mais plantação”. Outro estudante dessa escola afirmou que tem muita árvore perto de sua casa, mas que acha que vive ao lado de uma área de proteção ambiental.

Importância do Cerrado

A gestão do CEF3 entende que as crianças percebem a importância da conservação do Cerrado a partir das ações escolares, mas que eles estão muito inseridos na realidade do agronegócio, o que ela define como “o outro lado, a outra realidade”. A professora de Ciências da mesma escola percebe no dia a dia escolar que temas relacionados a sustentabilidade são relevantes para poucos estudantes. A maioria não entende, por exemplo, a importância de manter áreas naturais e proferem frases como “ah professora, o mundo tá acabando mesmo, já vai acabar”.

Quando pensamos em educação ambiental, o educador deve conseguir articular as diferentes percepções de natureza ao longo da história, assim como os momentos de repúdio e enaltecimento do ambiente natural. A compreensão desses momentos históricos é importante para entendermos a nossa relação atual com o ambiente (Carvalho, 2017). Dessa forma, é possível discutir não apenas o porquê do Cerrado ser importante para a manutenção da vida, mas também como traçar alternativas a essa visão de que nada mais pode ser feito para melhorar a realidade e alterar as previsões para o futuro.

Os estudantes do CEF2 afirmaram, em maioria, que não viam problema em desmatar Cerrado nativo, que “pode botar fogo em tudo”. O pouco apreço a áreas de vegetação nativa pode estar relacionado ao não reconhecimento da importância desta para a manutenção da própria vida, visto que vivem em uma paisagem completamente alterada pelo modelo agroeconômico vigente. Esse padrão foi encontrado por Rehem e Bizerril (2024), que observaram um conhecimento superficial sobre o bioma e sentimentos muitas vezes ambíguos sobre a relação entre os indivíduos e o Cerrado. Freire (2023) discute que a imersão do indivíduo em um sistema que o desfavorece pode prejudicar sua percepção de que isso acontece, afastando-o também da solução para a mudança.

O ensino de Ciências da Natureza deve considerar diferentes campos do saber e buscar a construção de um novo olhar do estudante sobre o mundo, de modo a favorecer intervenções conscientes que considerem a sustentabilidade e levem ao alcance do bem comum (MEC, 2018). Apesar dessa desconexão demonstrada por grande parte dos

estudantes, um grupo afirmou que é necessário que se mantenha Cerrado “para manter os animais, as plantas” e para “evitar a poluição”, não sabendo elaborar muito mais que isso.

A aprendizagem de Ciências nos Anos Finais do Ensino Fundamental, segundo a BNCC (MEC, 2018), deve ir além do conteúdo propriamente dito: o estudante deverá ser capaz de articular os conhecimentos obtidos na escola para atuar sobre o mundo, exercendo seu papel de cidadão. Portanto, mais do que saber que é importante, é preciso compreender o porquê e de que forma a conservação pode favorecer a manutenção da vida nesses ambientes, assim como as consequências diretas e indiretas disso para o ser humano.

Animais do Cerrado e a dinâmica da paisagem

Quando perguntados sobre os animais da paisagem, os estudantes das três escolas trouxeram respostas semelhantes. Os animais citados foram: aranha, besouro, arara, avestruz, beija-flor, coruja, pássaros, papagaio, seriema, tucano, cobra, jabuti, teiú, cachorro, capivara, coelho, cavalo, gato, javali, lobo-guará, onça, raposa, tatu e veado. A maior parte dos animais citados são domésticos ou se adaptam bem a áreas antropizadas, utilizando-as para forragear. O avestruz, que provavelmente era uma ema, e o lobo-guará foram vistos a distância, enquanto a onça foi avistada pelo avô de um estudante e permanece em seu imaginário.

Estudantes das três escolas afirmaram que os animais citados poderiam visitar áreas de plantação, pois tinham visto acontecer. Um estudante do CEF1 afirmou que animais destroem as plantações, dando uma conotação negativa para a presença desses bichos no ambiente antropizado. Os estudantes do CEF3 concordaram com o colega que afirmou que apenas javalis poderiam sobreviver se não houvesse Cerrado nativo de pé. Os estudantes atribuíram pouca importância à manutenção do Cerrado nativo, apesar de demonstrarem entender seu papel na manutenção das populações animais, atribuindo-a inclusive a animais domésticos.

Esse fato reforça a desconexão dos estudantes à natureza: eles compreendem a importância dessa manutenção para populações naturais, mas não para si. O reconhecimento da importância de ambientes naturais somado à não identificação dessa importância ao ser humano demonstra o avanço do ideário coletivo de que os seres humanos estão acima da natureza, não parte dela (Gonçalves e Preve, 2024).

A conexão homem-natureza surge naturalmente na criança e permanece até que ela perceba sua individualidade, quando a relação passa a ser intermediada pela cultura. O processo de desconexão nessa relação pode estar ligado ao meio cultural em que ela

está inserida, quando este objetiva a natureza, tornando-a apenas um recurso a ser consumido (Doca e Bilibio, 2018).

Apesar de diversos mamíferos serem citados, os roedores e marsupiais não foram lembrados pelos estudantes. Quando perguntados sobre os ratos, afirmaram que haviam muitos na região. Nenhum estudante conseguiu citar um benefício que os roedores trazem para a humanidade, apenas aspectos negativos. As falas relacionadas a esses animais incluíram a destruição de plantações, consumo de ovos, transmissão de doenças e afins, ao ponto de um estudante afirmar que ratos possuíam veneno. Apenas um estudante, que é tutor de um hamster, não apresentou aversão completa aos roedores, afirmando que, dependendo da espécie, o rato poderia trazer coisas boas – mas sem trazer um exemplo.

A nossa relação com a natureza, assim como vários outros aspectos histórico-culturais, são construídos a partir da percepção que gerações anteriores à nossa têm da natureza, somado a experiências próprias. Isso quer dizer que, apesar das marcas históricas que recebemos, é possível repensar e recriar nossa forma de estar no mundo (Carvalho, 2017). A aversão a roedores, causada pela visão historicamente negativa desse grupo animal, pode ser revertida na escola a partir da compreensão do papel ecológico que esses têm para a manutenção da paisagem.

A importância do Cerrado para a manutenção da própria vida – direta e indiretamente – também deve ser trabalhada na escola, visto que esta busca a formação integral do cidadão. É nos Anos Finais do Ensino Fundamental que o adolescente começa a passar por diferentes processos de mudança, o que inclui formações culturais e identitárias próprias (MEC, 2018). Tais processos podem envolver a recriação cultural e a transformação social que são possibilitadas ao ser humano pelo processo educativo a partir de sua relação com a realidade (Freire, 2024).

Entendendo que a conectividade funcional é importante para a manutenção do ecossistema, apresentei o conceito aos estudantes, que o desconheciam. Apesar de novo, o conceito foi facilmente compreendido quando apresentado. Ficou evidente que os estudantes entendiam que populações diferentes teriam diferentes alcances de fragmentos distantes: aves encontrariam fragmentos mais distantes com menor dificuldade em comparação com animais que não voam e, no caso dos animais do jogo, lobos-guará atravessariam maiores áreas de soja que os ratos. A compreensão de conceitos ecológicos deve estar aliada ao processo educativo para alterar a percepção do ambiente e nossa relação com o meio, buscando o caminho do desenvolvimento sustentável (Santos *et al.*, 2000).

Ações escolares de educação ambiental

As ações de educação ambiental trazidas pelo PPP são percebidas de formas diferentes entre a gestão escolar e os docentes das instituições. Neste tópico são apresentadas as ações previstas e as percepções de gestores e docentes a partir de três categorias: projetos contínuos da escola, ações em semanas temáticas e abordagem cotidiana em sala de aula. Tais ações são discutidas posteriormente a partir do que é determinado pela legislação brasileira.

O que diz o Projeto Político Pedagógico

No CEF1, há o desenvolvimento de projetos de reflorestamento no entorno da escola com árvores nativas do Cerrado para trabalhar a preservação ambiental. Trabalham também com uma horta que é manipulada pelos estudantes, desenvolvendo um trabalho sobre agricultura familiar, nutrição e preservação ambiental. Há um projeto sob responsabilidade da cadeira de Geografia que busca trabalhar assuntos como as consequências do desmatamento, a poluição do ar e do solo, uso da água, recuperação de ambientes degradados, preservação e conservação dos ambientes e de recursos naturais, ecossistemas ameaçados, entre outros.

No CEF2, os Temas Transversais, como é o caso do meio ambiente, são trabalhados de forma interdisciplinar, visando a “promoção de uma educação transformadora e emancipatória, que busca não apenas transmitir conhecimentos, mas também formar cidadãos capazes de reconhecer não somente seus direitos, mas também seus deveres” (p. 34). Houve, no primeiro semestre letivo de 2024, um trabalho interdisciplinar de pesquisa a respeito de aspectos geográficos e biológicos da região, em busca de responder a pergunta “de onde vem a água da região?”.

A escola conta com uma horta escolar, em que os estudantes aprendem a “plantar, cuidar do plantio, colher e até distribuir o que colher” (p. 71). O PPP destaca que, apesar de grande parte dos estudantes morar em ambiente rural, muitos não vivenciam práticas de plantio, visto que poucos estão inseridos em famílias que praticam a agricultura familiar. Essa horta é utilizada para desenvolver atividades da Parte diversificada sobre agroecologia e educação ambiental, em que se trabalha, além da alimentação, a busca pelo desenvolvimento sustentável a partir da conciliação do desenvolvimento econômico e a conservação ambiental sob a perspectiva do uso de defensivos agrícolas.

No CEF3, o documento traz que a escola trabalha educação ambiental na Parte diversificada, com um projeto de horta e jardinagem. Além disso, há um projeto de sensibilização para sustentabilidade e uso consciente de recursos naturais a partir de

filmes e trabalhos escritos e práticos. Tais projetos não são descritos com detalhes.

O que diz a gestão

A gestão do CEF1 destacou o projeto desenvolvido pela cadeira de Geografia, uma gincana que durou cerca de um mês. Nela, os estudantes faziam pesquisas sobre o tema, coletavam material para reciclagem, produziam vídeos para a rede social da escola, vendiam rifas, resolviam enigmas que estavam espalhados pela escola e afins. As turmas ganhadoras podiam escolher seus prêmios, que foram pagos com o dinheiro obtido a partir da venda de recicláveis e das rifas, o que fez com que os estudantes engajassem muito na atividade. Este foi o primeiro ano do projeto, mas a gestão atual afirma que pretende replicá-lo enquanto estiver a frente da escola.

A gestão do CEF2 citou apenas um projeto que está em formulação. O objetivo é que os estudantes que não moram na área rural, e que são a maioria no caso dessa unidade escolar, conheçam melhor a região em que estudam. O CEF3 teve o projeto da horta, citado no PPP, interrompido para reestruturação com a nova professora, que está há dois meses na escola. A ideia inicial é que cada turma dos anos finais seja responsável por um canteiro e que cuide dessa cultura até que ela tenha tamanho para ser colhida e incrementar a alimentação dos estudantes na escola.

Para além da horta, há ações pontuais na Semana do Cerrado, em que se trabalha a conservação do bioma e a conscientização da comunidade a esse respeito e um projeto em que os estudantes vão a fazendas parceiras ter uma aula sobre o Cerrado. A escola busca trabalhar na educação ambiental a identidade do homem do campo e sua relação com o ambiente, sempre em torno de “eu, enquanto ser responsável comigo, eu enquanto ser responsável com os meus e eu enquanto ser responsável pelo ambiente onde eu vivo”.

O que dizem os professores

O professor entrevistado do CEF1 afirmou que há uma dificuldade em trabalhar a educação ambiental porque a SEEDF não oferece o suporte necessário para o desenvolvimento de projetos, então os professores tem que “se virar com o que tem”. Segundo ele, há atividades pontuais em semanas temáticas, como a Semana do Meio Ambiente e a Semana da Água, assim como a própria gincana proposta pela cadeira de Geografia, mas que não há um projeto contínuo na escola sobre conservação ambiental. O professor citou ainda a falta de conhecimento dos estudantes sobre a fauna local, como o desconhecimento do que é um escorpião, por exemplo, que o levou a desenvolver uma atividade pontual sobre os perigos que esse aracnídeo pode trazer.

O professor do CEF2 afirmou que a educação ambiental é trabalhada na escola

principalmente nos 6º e 8º anos, mas que ele consegue encaixar a temática ao longo do dia a dia escolar a partir de situações trazidas pelas crianças. Durante suas aulas, busca sempre falar da importância ecológica do ser vivo que está sendo trabalhado, mas prioriza “falar o técnico mesmo, aquilo que tá embasado nos livros”.

Mesmo que a escola não tenha um trabalho específico de educação ambiental, o professor busca a conscientização ambiental de seus estudantes a partir de situações corriqueiras acontecidas na escola ou seu entorno, como o aparecimento de animais indesejados. Há também uma horta que é utilizada por estudantes que demonstram interesse em conhecer mais sobre plantio com um professor que é responsável exclusivamente por essa área da escola.

A professora do CEF3 sabe que o projeto da horta existe, mas afirmou não saber muito sobre como acontece por estar há pouco tempo na escola. Há planos de se reunir à outra docente, que está na escola há mais tempo e que teve um projeto desenvolvido na horta, para compreender melhor como trabalhar nesse espaço com o público que atende.

Como acontece a educação ambiental

Apesar dos três PPP apresentarem uma visão interdisciplinar do trabalho de educação ambiental, a interdisciplinaridade acontece, intencionalmente, apenas na atividade do CEF1. A interdisciplinaridade é a integração de disciplinas ao olhar para determinado tema, valorizando a influência de diferentes perspectivas e permitindo o aprofundamento teórico (Pedrotti *et al.*, 2019; Pires, 1998). A visão interdisciplinar é essencial para trabalhar a educação ambiental, visto que as questões ambientais ultrapassam as fronteiras do conhecimento de uma só disciplina (Carvalho, 2017). A Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, que dispõe sobre a educação ambiental, assim como os documentos a que deu origem, trabalham uma perspectiva inter, multi e transdisciplinar¹.

Nas outras duas escolas, há a proposta pedagógica de uma horta, considerando elementos como os nutrientes essenciais para o desenvolvimento vegetal e os benefícios da alimentação saudável. As duas abordagens levam a uma conexão do indivíduo com ele mesmo a partir da questão nutricional e os hábitos de cuidado, como é a proposta do CEF3, segundo a gestão. Apesar da abertura para a interdisciplinaridade que o assunto e o espaço propõem, na escola em que a horta está ativa atende uma pequena parte dos estudantes nesse espaço – aqueles que se interessam, segundo o professor.

¹ A multidisciplinaridade é o trabalho de diferentes disciplinas sobre um tema a partir de perspectivas próprias. A transdisciplinaridade busca eliminar as fronteiras entre disciplinas, com os temas sendo tratados de forma global (Pedrotti *et al.* 2019; Pires, 1998).

A legislação brasileira define em seus princípios básicos a necessidade de considerar “a interdependência entre o meio natural, o sócio-econômico e o cultural, sob o enfoque da sustentabilidade” (Brasil, 1999, p. 1) e traz em seus objetivos a necessidade de se conhecer de forma crítica a problemática ambiental e reconhecer responsabilidades em busca de soluções de forma individual e coletiva (Brasil, 1999).

Além da abordagem dessas temáticas pela perspectiva de Eixo Transversal, como traz a BNCC, o conteúdo do 7º ano do Ensino Fundamental inclui a caracterização de ecossistemas e/ou os impactos que mudanças ambientais causariam em suas populações (MEC, 2018). O Currículo em Movimento do Distrito Federal (SEEDF, 2018) destrincha esses conteúdos com enfoque à flora e fauna do Cerrado, bioma em que o Distrito Federal está inserido. Apesar disso, apenas o CEF1 apresentou uma atividade que envolve esses tópicos de forma integrada – mesmo assim com o foco em conhecer os biomas e não em como alterações de aspectos físicos dos ecossistemas afetam sua composição.

Trabalhar o Cerrado e os prejuízos da fragmentação desse ambiente para suas comunidades é essencial para que se construa o cidadão crítico e reflexivo proposto pela BNCC e pelo CMDF. Segundo o currículo distrital, a problematização do mundo deverá ser a principal fonte das ações educativas de Ciências da Natureza, colocando o professor no papel mediador do conhecimento e valorizando a autonomia do estudante na contribuição para solução de problemas (SEEDF, 2018). O professor assume o papel de apresentar novas possibilidades frente a realidade, para que, junto a seus estudantes, encontrem novas possibilidades de estar no mundo (Freire, 2021).

Jogo como ferramenta pedagógica

Reconhecendo o papel da escola na formação do cidadão crítico e reflexivo de sua própria realidade para o alcance da mudança social pretendida, formulamos um jogo pedagógico para a apresentação de conceitos ecológicos e dinâmicas populacionais que podem ser prejudicadas pelo processo de fragmentação.

Nele, os estudantes eram responsáveis por transferir uma comunidade composta por roedores e lobos-guará de um extremo a outro do tabuleiro, construindo caminhos de vegetação nativa e considerando aspectos como a capacidade perceptual de cada espécie, dinâmicas reprodutivas, processos de extinção local e eventos inesperados que poderiam prejudicar ou facilitar o caminho da comunidade. Ganha quem atravessar todos os indivíduos primeiro.

Jogos pedagógicos podem ajudar na prática de tomada de decisões e elaboração

de estratégias frente a problemas, assim como promove a construção de relações e busca de soluções em grupo (Sanmartín, 2008).

Dinâmica do jogo

Todos os jogadores tiveram certa dificuldade em compreender as regras do jogo em um primeiro momento, o que foi melhorando com o avançar das rodadas. Os grupos que contaram com estudantes que compreenderam as regras mais rapidamente aproveitaram melhor as nuances trazidas pelas regras complementares, como as cartas de Eventos Aleatórios e a dinâmica reprodutiva.

A estratégia inicial de todos os grupos do CEF1 foi construir um corredor na borda do tabuleiro para evitar as taxas pagas pelo isolamento de áreas de plantação. Todos os grupos optaram por trabalhar de forma conjunta desde o início da atividade. Um dos grupos tinham jogadores que não estavam engajados na atividade, o que gerou frustração nos estudantes interessados e causou desistência geral porque “os cara não joga sério”.

O primeiro grupo contava com o professor de Ciências como um dos jogadores. Ele foi responsável pela mudança de estratégia e opção pelo isolamento da soja para alcançar o objetivo, também após algumas rodadas de jogo. A construção de áreas naturais se deu por corredores estreitos, que se perderam ao final da aula por uma carta de “Eventos Aleatórios”. Como não havia mais tempo e nenhum animal tinha chegado ao fragmento final, o jogo foi encerrado sem ganhadores. Isso demonstra uma preocupação em cumprir o objetivo de facilitar o caminho dos animais pela paisagem, mas pouca preocupação com a qualidade da paisagem contruída – o que pode originar uma discussão posterior sobre a qualidade de corredores ecológicos para o cumprimento de sua função.

Ao longo da atividade, o segundo grupo mudou de estratégia, escolhendo isolar áreas de soja quando entenderam que a quantidade de moedas ganhas ao fim de cada rodada aumentaria exponencialmente. O jogador que convenceu os outros a mudar a estratégia usou o argumento de que “vale a pena porque vai ter uma terra grandona”. Ele afirmou ainda que “é melhor a gente vim por aqui [apontando para o caminho que isolava soja] porque por ali [apontando pro caminho que eles estavam pensando em construir] a gente vai perder muita moeda”. Para além da travessia propriamente, esse grupo trabalhou estrategicamente a perda e ganhos de moedas e o intermédio entre o que é bom para a biodiversidade, como áreas conservadas maiores, e o que é bom para os produtores, como a compensação financeira pela fragmentação de área plantada.

Os estudantes do CEF2 estavam mais agitados, o que fez com que a conversa durasse mais tempo e prejudicou o tempo de jogo, de modo que apenas um grupo

conseguisse finalizar a partida ao final dos dois horários. Além disso, em um dos grupos a dinâmica de reprodução não foi utilizada e em outro não utilizaram as cartas de “Eventos Aleatórios”, o que facilitou a formação de corredores estreitos. Em outro grupo, essa carta trouxe como comando a destruição de corredores ecológicos estreitos, o que causou frustração em dois jogadores que desistiram da atividade.

Houve colaboração no desenvolvimento da trilha, mas não foi imediata. Inicialmente, os estudantes estavam preocupados em fazer com que suas populações atravessassem e construindo trilhas próprias, o que não foi sustentável por muitas rodadas porque o fragmento final era o mesmo para todos, então os caminhos se cruzaram eventualmente. Houve também uma resistência ao uso das moedas, mesmo que elas não tenham qualquer função na definição do ganhador da partida. Quando houve a compreensão de que as moedas ganhas a partir da construção de caminhos seriam distribuídas igualmente entre os jogadores, houve uma insistência para que aqueles que estavam mais resistentes em utilizar as moedas “deixassem de ser mão de vaca”.

As percepções aconteceram de maneira independente, mas complementares. A partir do momento que os estudantes perceberam que unir os caminhos facilitaria o caminho e que o gasto de moedas renderia um maior retorno dessas para cada jogador, eles passaram a colaborar na construção de caminhos. A cooperação entre os jogadores torna a aprendizagem mais efetiva, pois amplia os conhecimentos para o desenho de novos caminhos a partir do enfrentamento de pontos de vista diferentes (Gómez e Samaniego, 2008).

No CEF3, as estratégias foram diferentes desde o início. O primeiro grupo jogou de forma colaborativa, incentivados por um dos jogadores. A estratégia de caminho foi passar pelas bordas e centro do tabuleiro, o que frustrou um jogador que queria passar pelo rio. Depois de algumas rodadas, um observador falou “acho que vocês não pensaram direito, deviam ter ido pelo rio”. Mais rodadas depois, o grupo decidiu mudar a estratégia e ir para o rio, o que fez com que o jogador que sugeriu essa abordagem inicialmente dissesse que “nós tá fazendo agora o que era pra nós ter feito desde o começo”.

O segundo grupo estava jogando de forma mais individualizada, e assim foi até o final do jogo. Alguns jogadores demonstraram indignação quando viram que o caminho que tinham construído estava sendo utilizado por outro jogador. A estratégia de construção de caminhos foi por ilhas de passagens, que foram destruídas por uma carta de “Eventos Aleatórios”. Como os lobos já tinham sido atravessados, construíram novas ilhas de travessia de ratos, que sofreram extinção local. O vencedor foi definido pela

quantidade de lobos no fragmento final.

De maneira geral, a estratégia escolhida envolvia sempre a construção de corredores ecológicos, preferencialmente à borda do tabuleiro. Esses corredores eram sempre estreitos, de modo que as porções mais largas caminhos se formavam apenas quando os corredores construídos encontravam os fragmentos originais dos tabuleiros. O estreitamento de fragmentos aumentam o efeito de borda, que pode ser prejudicial à biodiversidade local (Murcia, 1995). Apesar disso, a presença de corredores ecológicos em uma paisagem fragmentada permite a movimentação de diferentes espécies entre os fragmentos, estimulando a migração (Gilbert-Norton *et al.*, 2010). Esse padrão abre espaço tanto para a discussão de prós e contras da estratégia como para construção de alternativas em sala de aula.

Além da abertura de espaço para discussões de conceitos relevantes à ecologia, o jogo alcançou seu objetivo em gerar cooperação, apesar de seu caráter competitivo. Nas três escolas, os estudantes participantes engajaram nas dinâmicas na maior parte dos grupos e buscaram juntos formas de melhor construir o caminho dos fragmentos de origem para o fragmento fim – mesmo quando esse objetivo não pode ser alcançado por conta do tempo.

Feedback dos estudantes

Todos os estudantes que participaram da atividade gostaram do jogo, apesar de tê-lo achado difícil inicialmente. Um dos estudantes afirmou que “nós ficou tão entretido em construir caminho que nem pensamos nos bichos”. Tal fala reforça o papel do jogo como promotor de debates em sala de aula. Ampliando a lógica do jogo para a vida real, é essencial que se pense nas espécies presentes na paisagem ao pensar na construção de conexões entre fragmentos de vegetação, de modo a otimizar a dinâmica do ecossistema.

Outro estudante comentou que uma colega de jogo estava “muito mão de vaca no começo, mas depois gastou 18 moedas”. O envolvimento dos estudantes durante a partida era nítido em diferentes processos como o desenho da rota, a definição de quem leria as cartas, quem cuidaria do dinheiro e quem estaria mais a frente do desenho da estratégia, assim como nas discussões para alteração dos caminhos construídos. Perguntaram também se eu levaria o jogo à escola novamente, pois queriam repetir a experiência.

O uso de atividades lúdicas facilita o processo de ensino e de aprendizagem porque os estudantes se envolvem emocionalmente na ação (Santana e Brito, 2009). Mesmo com a dificuldade de compreensão no início da partida, todos os estudantes que estavam

interessados em participar do jogo conseguiram discutir estratégias e organizar as dinâmicas, utilizando-se de conceitos ecológicos – mesmo que não de uma forma consciente. Em poucas rodadas os estudantes eram capazes de definir em grupo por onde roedores e lobos-guará poderiam passar, assim como qual caminho era o mais eficiente para o alcance do objetivo, o que demonstra a compreensão da ideia central do conceito de conectividade funcional.

A educação ambiental, enquanto um Tema Contemporâneo Transversal da BNCC, deve extrapolar o conteúdo curricular, ainda que o considerando. Deve-se trabalhar temas relevantes ao cotidiano dos estudantes de forma transversal em busca de uma educação para a vida em sociedade (MEC, 2019). Nesse sentido, o jogo “Caminhos da Paisagem” pode ser uma atividade introdutória de conceitos relativos a conservação ambiental e a divisão do espaço entre as comunidades animais e as agricultura. O tabuleiro pode ser adaptado a diferentes realidades de paisagem e de grupos animais, a depender do que o educador esteja propondo com a atividade.

Feedback dos professores

O professor do CEF1 achou o jogo interessante por trazer conceitos como reprodução, corredores ecológicos e fragmentos de área, assuntos que os estudantes não costumam ver no 7º ano. Apesar disso, o professor, que jogou com seus estudantes, ficou confuso em relação a dinâmica da reprodução e do isolamento geográfico – o que aconteceu por uma confusão conceitual, visto que ele estava pensando no isolamento que leva ao processo de especiação, enquanto o jogo trata do isolamento que leva ao processo de extinção local.

Ao final da entrevista, o professor disse que gostaria de ter uma cópia do jogo para a escola e afirmou que “deu pra perceber que eles estavam compreendendo as ideias gerais dos conceitos trazidos pelo jogo”. Essa fala, em consonância com o que foi trazido pelos estudantes, reforça o cumprimento do objetivo do jogo pedagógico, que envolve a potencialização de situações de aprendizagem a partir da exploração e construção de conhecimento que a ludicidade proporciona em ações intencionais do professor (Kishimoto, 1996).

A professora do CEF3 gostou da multiplicidade de conceitos que o jogo trabalha, citando os conceitos de população, ecossistema e comunidade. Os conceitos apresentados pelo jogo são relacionados à ecologia das populações da paisagem simulada, o que permite o reconhecimento das relações naturais e a interferência dos seres humanos nesses processos, como sugere a BNCC. Tal documento apresenta também a importância de

pensar alternativas mais sustentáveis a partir da aplicação do conhecimento científico, o que demanda não apenas o conhecimento de diferentes conceitos, mas a compreensão de como eles se relacionam (MEC, 2018).

A professora também citou o engajamento dos estudantes em entender a dinâmica do jogo, como o cálculo de onde a passagem era possível e a dinâmica reprodutiva. Destaco que o jogo busca replicar uma possível dinâmica populacional em um tabuleiro baseado na paisagem em que os estudantes estão inseridos. Por conta dos horários combinados com a gestão escolar, o professor do CEF2 não assistiu as partidas.

Os professores devem assumir uma postura que trabalhe assuntos relativos ao futuro do ambiente, em busca de uma mudança significativa no modelo de produção atual rumo a sustentabilidade (Bell, 2016). A educação ambiental no ambiente escolar pode ser uma boa ferramenta para isso, pois permite a problematização dos diferentes interesses que cercam as questões ambientais, possibilitando a construção de uma cidadania sustentável (Carvalho, 2017).

A motivação inicial da presença de atividades de educação ambiental nas escolas está, na maior parte das vezes, relacionada ao interesse docente (Loureiro e Cossío, 2007), o que foi observado nos relatos de gestão e docentes do CEF1 e CEF3. Tendo isso em vista, é essencial pensar em parcerias entre as escolas e as instituições de ensino superior em busca da formação continuada desses profissionais e atualização sobre a temática (Loureiro e Cossío, 2007).

Os estudantes que contribuíram com a pesquisa não percebem a importância do Cerrado para a própria vida, apesar de compreenderem sua importância para outros seres vivos. É preciso que as ações escolares busquem uma reconexão entre os estudantes e o ambiente do qual fazem parte, de modo que o ambiente natural seja visto como essencial para a sociedade e não como mera fonte de recursos para os animais que vivem na região.

Conclusões

As escolas demonstram interesse em desenvolver atividades de educação ambiental com foco no Cerrado, mas isso acontece em semanas temáticas. Para além do momento pré-determinado para as atividades, o olhar é dado para o reconhecimento do espaço – mas não necessariamente para a importância de sua manutenção. Ainda assim, são escolas que buscam disseminar a importância do bioma e engajar toda a comunidade escolar nesse processo.

Apesar disso, grande parte dos estudantes desconsidera a importância do Cerrado

em detrimento às atividades agroeconômicas, mesmo reconhecendo a importância da manutenção do bioma para a biodiversidade. O conceito de conectividade funcional não era conhecido pelos estudantes, como esperado. Mas o jogo foi eficiente em apresentar, dentre outros, esse conceito para os participantes da atividade.

Em avaliação ampla, o jogo cumpre seu objetivo em apresentar conceitos de forma prática, sendo um apoio para a apresentação teórica posterior por parte dos docentes. Sendo um jogo com muitas regras, é recomendado uma partida entre o professor e potenciais “monitores” para aplicação (podendo esses serem um grupo de estudantes, professores que estejam disponíveis no momento da prática e afins), de modo a otimizar o engajamento dos jogadores.

Apesar da boa performance, é importante reforçar que o jogo não é capaz de, sozinho, levantar reflexões sobre o uso da terra e a ocupação desta por vegetação e fauna nativas. Ele deve ser introduzido em um momento que seja viável abrir discussões para refletir sobre os conceitos trazidos em sala de aula, ilustrando os debates.

Referências bibliográficas

- Bardin, L. (2009). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Bell, D. V. J. (2016). Twenty-first century education: Transformative education for sustainability and responsible citizenship. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 18(1), 48–56.
- Brasil. (1999). *Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999*. Institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Diário Oficial da União, Brasília, 27 abr. 1999.
- Carvalho, I.C.D. M. (2017). *Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico*. (Coleção docência em formação: saberes pedagógicos). Cortez.
- Cleophas, M. D. G., Cavalcanti, E. L. D., & Soares, M. H. F. B. (2018). Afinal de contas, é jogo educativo, didático ou pedagógico no ensino de Química/Ciências? Colocando os pingos nos “is”. M. das G., Cleophas, & MHFB Soares (Org.), *Didatização Lúdica no Ensino de Química/ Ciências*, 33-62.
- Conselho Nacional de Educação [CNE]. (2010). *Resolução CNE/CEB nº 4, de 13 de julho de 2010: Define diretrizes curriculares nacionais gerais para a educação básica*. Ministério da Educação.
- Doca, F. N. P., & Bilibio, M. A. (2018). A (des) conexão criança e natureza sob o olhar da gestalt-terapia e ecopsicologia. *Revista da Abordagem Gestáltica: Phenomenological Studies*, 24(3), 379-387.

- Freire, P. (2021). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 1ª edição. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Freire, P. (2023). *Pedagogia o oprimido*. 86ª edição. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Freire, P. (2024). *Educação e mudança*. 51ª edição. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Gilbert-Norton, L. Y. N. N. E., Wilson, R., Stevens, J. R., & Beard, K. H. (2010). A meta-analytic review of corridor effectiveness. *Conservation biology*, 24(3), 660-668.
- Gómez, R. S. & Samaniego, V. P. (2008). A aprendizagem através dos jogos cooperativos. In: Murcia, J.A. M. *Aprendizagem através do jogo*. Alegre: ArtMed.
- Gonçalves, M. F., & Preve, A. M. H. (2024). Tocar e ser tocado: Desvios perceptivos em Educação Ambiental. *Revista Areté| Revista Amazônica de Ensino de Ciências*, 23(37), e24014-e24014.
- Kishimoto, T. M. (1997). O jogo e a educação infantil. In: Kishimoto, T. M. (org). *Jogo, brinquedo, brincadeira e educação*. 2ª edição. São Paulo: Cortez.
- Lima, F. S., & Cantanhede, A. M. (2020). A utilização do jogo no ensino de ciências e a alfabetização científica. Valle, M. G. et al. (org.). *A alfabetização científica na formação cidadã: perspectivas e desafios no ensino de ciências*. Curitiba: Appris, 143-154.
- Loureiro, C. F. B., & Cossío, M. F. B. (2007). Um olhar sobre a educação ambiental nas escolas: considerações iniciais sobre os resultados do projeto “O que fazem as escolas que dizem que fazem educação ambiental?”. In: *Vamos cuidar do Brasil : conceitos e práticas em educação ambiental na escola / [Coordenação: Soraia Silva de Mello, Rachel Trajber]*. – Brasília: Ministério da Educação, Coordenação Geral de Educação Ambiental: Ministério do Meio Ambiente, Departamento de Educação Ambiental: UNESCO, 2007.57, 57-63.
- Martins, A. A., Martins, M. D. F. A., & Antunes-Rocha, M. I. (2021). *Territórios educativos na educação do campo: escola, comunidade e movimentos sociais*. Autêntica Editora.
- Ministério da Educação [MEC]. (2018). Base Nacional Comum Curricular (versão final).
- Ministério da Educação [MEC]. (2019). Temas contemporâneos transversais na BNCC: Contexto histórico e pressupostos pedagógicos.
- Murcia, C. (1995). Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in ecology & evolution*, 10(2), 58-62.
- Nascimento, F. E. de M.; Paiva, M. R. F.; Frota, R. C.; Sousa, M. H. A. (2021). A relação família e escolano processo educativo: uma revisão integrativa. *Oikos: Família e Sociedade em Debate*, 32, n. 2, p.01-24.
- Padua, S. M. (2001). A educação ambiental: um caminho possível para mudanças. *PANORAMA*

- da educação ambiental no ensino formal*. Brasília: MEC: Secretaria de Educação Fundamental, 77-81.
- Padua, S. M., & Sá, L. M. (2002). O papel da educação ambiental nas mudanças paradigmáticas da atualidade. *Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD*, (102), 71- 83.
- Pedrotti, G., Kemczinski, A., & Pereira, K. (2019). Interdisciplinaridade: e suas relações com a intradisciplinaridade, multidisciplinaridade e transdisciplinaridade. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales (RCCS)*, (5), 2.
- Pires, M. F. D. C. (1998). Multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade no ensino. *Interface-Comunicação, Saúde, Educação*, 2(2), 173-182.
- Rehem, H. M. F., & Bizerril, M. X. A. (2024). A recorrente desvalorização do Cerrado por estudantes do ensino básico: uma investigação em escolas públicas do Distrito Federal. *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES*, 17(9), e11092.
- Sanmartín, M. G. Aprendizagem de valores sociais através do jogo. In: Murcia, J.A. M. *Aprendizagem através do jogo*. Alegre: ArtMed, 2008.
- Santana, E. M., & Brito, D. R. (2009). Atividades lúdicas como elementos mediadores da aprendizagem no ensino de ciências da natureza. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 1007-1011.
- Santos, J. E.; Sato, M.; Pires, J. S. R.; & Maroti, P. S. (2000). Environmental education praxis toward a natural conservation area. *Revista Brasileira De Biologia*, 60(3), 361–372.
- Santos, S. A. M. (2001). Reflexões sobre o panorama da Educação Ambiental no ensino formal. *PANORAMA da educação ambiental no ensino formal*. Brasília: MEC: Secretaria de Educação Fundamental, 77-81.
- Saviani, D. (2016). A pedagogia histórico-crítica na educação do campo. In: Jaqueline Daniela Basso; José Leite dos Santos Neto; Maria Cristina dos Santos Bezerra (Orgs). *Pedagogia histórico-crítica e educação no campo: histórias, desafios e perspectivas atuais*. São Carlos: Pedro & João Editores e Navegando, 16-43.
- Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal [SEEDF]. (2018). *Currículo em movimento do Distrito Federal: Ensino fundamental – Anos iniciais e finais (2ª ed.)*. Governo do Distrito Federal.
- Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal [SEEDF]. (2025). *Educação no campo*. Governo do Distrito Federal.
- Silva, A. L. da, Souza, C. de, Eloy, L., & Passos, C. J. S. (2019). Políticas ambientais seletivas e expansão da fronteira agrícola no Cerrado: impactos sobre as comunidades locais numa unidade de conservação no oeste da Bahia. *Revista Nera*, (47), 321–347.

- Silva, A., Mettrau, M., & Barreto, M. (2007). O lúdico no processo de ensino- aprendizagem das ciências. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 88(220).
- Velasco, S. L. (2009). Querer-poder e os desafios socioambientais do século XXI. *In*: Ruscheinsky, A. *Educação ambiental: abordagens múltiplas*. 2ª edição. Penso Editora.

Conclusões gerais

Neste estudo, caracterizado pela interdisciplinaridade, integrei conhecimentos ecológicos sobre o uso do espaço por mamíferos em uma paisagem agrícola e a educação ambiental. Nesse contexto, com a descrição e análise do movimento do marsupial *Gracilinanus agilis* e o roedor *Rhipidomys macrurus* em duas fases do manejo da matriz agrícola (safra e entressafra do plantio de soja) estimamos a capacidade perceptual desses espécies em relação à uma mata de galeria inserida nessa matriz.

Desta forma, estimei que os pequenos mamíferos analisados possuem uma baixa capacidade perceptual na matriz de soja, sendo esta influenciada pela fase do manejo agrícola com uma melhor orientação na entressafra. Também observei uma relação positiva entre a orientação e o tamanho corporal. O marsupial *G. agilis* apresentou uma potencial melhor capacidade perceptual (100 m) que o *R. macrurus* (30 m) na entressafra. Isso pode ser devido ao hábito escansorial do marsupial e o uso mais generalista do espaço, ocorrendo em um gradiente ambiental do cerrado sentido restrito à matas de galeria e ciliar. Outro fator que pode influenciar positivamente essa melhor capacidade perceptual do *G. agilis* é a orientação visual mais desenvolvida neste grupo.

Com base nessas estimativas, a conectividade funcional das matas de galeria nessa paisagem antrópica é baixa para essas espécies, indicando que funcionalmente as populações da maioria das matas de galeria estão isoladas, influenciando negativamente na manutenção das diferentes populações e, conseqüentemente, nas funções ecossistêmicas dessas espécies. Essas conclusões ecológicas e a aplicação na conservação dessas espécies nas matas de galeria da região não eram de conhecimento dos estudantes das escolas presentes na paisagem em que o estudo aconteceu. Tais estudantes também não percebiam a importância da conectividade da paisagem para a manutenção das populações naturais daquele ambiente.

O jogo pedagógico foi uma ferramenta eficiente na apresentação do conceito de conectividade funcional e em como essa está ligada à capacidade perceptual, que por sua vez é dependente de características espécie-específicas dos animais presentes na paisagem. Além desses conceitos, os estudantes tiveram contato com características da dinâmica populacional essenciais para a manutenção das populações inseridas na paisagem, agindo de forma conjunta para que toda a comunidade hipotética se mantivesse bem na paisagem simulada pelo tabuleiro.

Desta forma, destaco a importância do compartilhamento do conhecimento

acadêmico para a sociedade para que esta seja sensibilizada acerca da importância e das ameaças dos ecossistemas naturais remanescentes em paisagens antropizadas. O jogo pedagógico trazido nesse trabalho apresenta um potencial informativo e sensibilizador sobre questões importantes sobre o uso do solo, um passo inicial para que a população se torne ator ativo nas iniciativas de conservação dos ecossistemas naturais do Cerrado e dos demais biomas.

Anexos

Anexo 1. Seleção de modelos de regressão linear segundo o Critério de Informação de Akaike (AIC) para a orientação do movimento de *Gracilinanus agilis* na entressafra.

Modelo	Intercepto	Distância de soltura	Sexo	Temperatura	Velocidade do vento	Graus de liberdade	logLik	AICc	ΔAIC	Peso
2	-30,560	1,980	-	-	-	3	-131,151	269,6	0,00	0,271
3	96,790	-	+	-	-	3	-131,905	271,1	1,51	0,128
1	140,400	-	-	-	-	2	-133,341	271,3	1,68	0,117
10	-44,570	2,382	-	-	-16,6400	4	-130,551	271,5	1,82	0,109
4	-15,270	1,552	+	-	-	4	-130,854	272,1	2,43	0,081
6	162,800	1,913	-	-7,6300	-	4	-131,012	272,4	2,74	0,069
5	433,600	-	-	-11,9200	-	3	-133,056	273,4	3,81	0,040
11	104,700	-	+	-	-10,3600	4	-131,675	273,7	4,07	0,035
7	292,100	-	+	-7,8570	-	4	-131,769	273,9	4,26	0,032
9	143,200	-	-	-	-2,2170	3	-133,331	274,0	4,36	0,031
12	-28,040	1,920	+	-	-18,0500	5	-130,133	274,0	4,38	0,030
14	27,360	2,334	-	-2,8070	-15,6700	5	-130,534	274,8	5,18	0,020
8	148,900	1,521	+	-6,5150	-	5	-130,752	275,3	5,62	0,016
13	437,000	-	-	-12,1000	0,7063	4	-133,055	276,5	6,83	0,009
15	233,200	-	+	-5,2180	-8,7240	5	-131,620	277,0	7,35	0,007
16	-7,724	1,911	+	-0,7986	-17,7600	6	-130,132	277,9	8,23	0,004

Anexo 2. Sumário de coeficientes do modelo de regressão linear global para orientação do movimento de *Gracilinanus agilis* na entressafra. Modelo: orientação ~ sexo + temperatura + velocidade do vento + distância de soltura.

	Estimativa	Erro padrão	Valor <i>t</i>	Pr (> <i>t</i>)
Intercepto	-7,7239	439,5446	-0,018	0,986
Sexo (M)	42,1302	52,9763	0,795	0,437
Temperatura	-0,7986	16,9031	-0,047	0,963
Velocidade do vento	-17,7640	17,8937	-0,993	0,335
Distância de soltura	1,9105	1,2176	1,569	0,135

Anexo 3. Seleção de modelos de regressão linear segundo o Critério de Informação de Akaike (AIC) para a orientação do movimento de *Gracilinanus agilis* na safra.

Modelo	Intercepto	Caminho na vegetação	Sexo	Temperatura	Velocidade do vento	Graus de liberdade	logLik	AICc	ΔAIC	Peso
1	162,3	-	-	-	-	2	-77,510	160,2	0,00	0,490
9	168,9	-	-	-	-37,23	3	-77,115	162,9	2,68	0,128
5	479,8	-	-	-13,500	-	3	-77,254	163,2	2,95	0,112
3	157,9	-	+	-	-	3	-77,477	163,6	3,40	0,089
2	159,9	0,2408	-	-	-	3	-77,500	163,7	3,45	0,087
11	157,9	-	+	-	-51,58	4	-76,847	166,7	6,48	0,019
13	471,3	-	-	-12,870	-36,11	4	-76,869	166,7	6,52	0,019
10	167,5	0,1334	-	-	-36,98	4	-77,112	167,2	7,00	0,015
6	485,8	0,3645	-	-13,910	-	4	-77,230	167,5	7,24	0,013
7	474,0	-	+	-13,280	-	4	-77,253	167,5	7,29	0,013
4	154,0	0,3281	+	-	-	4	-77,459	167,9	7,70	0,010
15	377,0	-	+	-9,206	-47,18	5	-76,735	172,0	11,82	0,001
12	153,9	0,3372	+	-	-51,63	5	-76,826	172,2	12,00	0,001
14	475,7	0,2545	-	-13,170	-35,62	5	-76,856	172,3	12,06	0,001
8	474,5	0,3831	+	-13,490	-	5	-77,227	173,0	12,81	0,001
16	377,6	0,3748	+	-9,417	-47,13	6	-76,708	179,4	19,20	0,000

Anexo 4. Sumário de coeficientes do modelo de regressão linear global para orientação do movimento de *Gracilinanus agilis* na safra. Modelo: orientação ~ sexo + temperatura + velocidade do vento + caminho na vegetação.

	Estimativa	Erro padrão	Valor <i>t</i>	Pr (> <i>t</i>)
Intercepto	377,6050	585,5274	0,645	0,537
Sexo (M)	34,9866	81,4333	0,430	0,679
Temperatura	-9,4172	24,5786	-0,383	0,712
Velocidade do vento	-47,1298	57,7702	-0,816	0,438
Caminho na vegetação	0,3748	2,0674	0,181	0,861

Anexo 5. Modelo de regressão linear robusto para a orientação do movimento de *Rhipidomys macrurus* na entressafra.

	Valor	Erro Padrão	Valor <i>t</i>
Intercepto	406,7925	382,2605	1,0642
Sexo (M)	-179,8416	47,3160	-3,8009
Temperatura	-15,9034	16,4413	-0,9673
Velocidade do vento	226,3435	55,0683	4,1102

Anexo 6. Seleção de modelos de regressão linear segundo o Critério de Informação de Akaike (AIC) para a orientação do movimento de *Rhipidomys macrurus* na safra.

Modelo	Intercepto	Caminho na vegetação	Temperatura	Velocidade do vento	Graus de liberdade	logLik	AICc	ΔAIC	Peso
5	85,10	-	-	49,27	3	-97,832	203,7	0,00	0,328
1	114,70	-	-	-	2	-99,415	203,8	0,09	0,314
7	-993,90	-	47,24	61,90	4	-96,966	205,6	1,91	0,127
3	-311,00	-	18,77	-	3	-99,293	206,6	2,92	0,076
2	120,50	-1,405	-	-	3	-99,367	206,7	3,07	0,071
6	77,67	1,361	-	52,22	4	-97,783	207,2	3,54	0,056
8	-988,00	1,038	46,73	64,02	5	-96,935	209,9	6,21	0,015
4	-362,90	-1,839	21,39	-	4	-99,212	210,1	6,40	0,013

Anexo 7. Sumário de coeficientes do modelo de regressão linear global para orientação do movimento de *Rhipidomys macrurus* na safra. Modelo: orientação ~ temperatura + velocidade do vento + caminho na vegetação.

	Estimativa	Erro padrão	Valor <i>t</i>	Pr (> <i>t</i>)
Intercepto	-987,964	920,745	-1,073	0,3044
Temperatura	46,730	40,332	1,159	0,2691
Velocidade do vento	64,016	32,206	1,988	0,0702
Caminho na vegetação	1,038	4,785	0,217	0,8319

Anexo 8. Seleção de modelos de regressão linear segundo o Critério de Informação de Akaike (AIC) para a tortuosidade do movimento de *Gracilinanus agilis* na entressafra.

Modelo	Intercepto	Orientação	Distância de soltura	Sexo	Graus de liberdade	logLik	AICc	ΔAIC	Peso
6	-3,287	0,002952	-	+	4	-18,278	46,9	0,00	0,215
2	-3,456	0,002171	-	-	3	-19,840	47,0	0,10	0,204
1	-3,151	-	-	-	2	-21,308	47,2	0,34	0,181
8	-3,887	0,002422	0,009019	+	5	-17,293	48,3	1,43	0,105
7	-3,924	-	0,012780	+	4	-19,101	48,6	1,65	0,094
3	-3,692	-	0,006259	-	3	-20,769	48,9	1,96	0,081
5	-3,002	-	-	+	3	-20,880	49,1	2,18	0,072
4	-3,632	0,001953	0,002392	-	4	-19,768	49,9	2,98	0,048

Anexo 9. Sumário de coeficientes do modelo de regressão linear global para tortuosidade do movimento de *Gracilinanus agilis* na entressafra. Modelo: tortuosidade ~ orientação + sexo + distância de soltura.

	Estimativa	Erro padrão	Valor <i>t</i>	Pr (> <i>t</i>)
Intercepto	-3,887356	0,517084	-7,518	5,87e-07
Orientação	0,002422	0,001351	1,793	0,0897
Sexo (M)	-0,647645	0,303937	-2,131	0,0471
Distância de soltura	0,009019	0,006945	1,299	0,2104

Anexo 10. Seleção de modelos de de regressão linear segundo o Critério de Informação de Akaike (AIC) para a tortuosidade do movimento de *Gracilinanus agilis* na safra.

Modelo	Intercepto	Orientação	Caminho na vegetação	Sexo	Graus de liberdade	logLik	AICc	ΔAIC	Peso
1	1,052	-	-	-	2	29,774	-54,3	0,00	0,403
3	1,045	-	0,0006867	-	3	31,110	-53,6	0,79	0,271
2	1,039	7,817e-05	-	-	3	30,387	-52,1	2,24	0,131
5	1,050	-	-	+	3	29,824	-51,0	3,37	0,075
4	1,033	7,386e-05	0,0006689	-	4	31,784	-50,6	3,78	0,061
7	1,042	-	0,0007351	+	4	31,338	-49,7	4,67	0,039
6	1,038	7,693e-05	-	+	4	30,419	-47,8	6,51	0,016
8	1,031	7,085e-05	0,0007118	+	5	31,975	-45,4	8,97	0,005

Anexo 11. Sumário de coeficientes do modelo de regressão linear global para tortuosidade do movimento de *Gracilinanus agilis* na safra. Modelo: tortuosidade ~ orientação + sexo + caminho na vegetação.

	Estimativa	Erro padrão	Valor <i>t</i>	Pr (> <i>t</i>)
Intercepto	1,031e+00	1,502e-02	68,614	1,5e-13 ***
Orientação	7,085e-05	7,362e-05	0,962	0,361
Sexo (M)	7,883e-03	1,523e-02	0,518	0,617
Caminho na vegetação	7,118e-04	4,562e-04	1,560	0,153

Anexo 12. Seleção de modelos de de regressão linear segundo o Critério de Informação de Akaike (AIC) para a tortuosidade do movimento de *Rhipidomys macrurus* na entressafra.

Modelo	Intercepto	Orientação	Sexo	Graus de liberdade	logLik	AICc	ΔAIC	Peso
1	1,088	-	-	2	11,645	-17,8	0,00	0,709
2	1,106	-0,0002379	-	3	12,191	-15,0	2,84	0,172
3	1,080	-	+	3	11,719	-14,0	3,78	0,107
4	1,105	-0,0002354	+	4	12,192	-9,7	8,07	0,013

Anexo 13. Sumário de coeficientes do modelo de regressão linear global para tortuosidade do movimento de *Rhipidomys macrurus* na entressafra. Modelo: tortuosidade ~ orientação + sexo.

	Estimativa	Erro padrão	Valor t	Pr (> t)
Intercepto	1,1049037	0,0457736	24,138	9,25e-09
Orientação	-0,0002354	0,0002779	-0,847	0,422
Sexo (M)	0,0015767	0,0627295	0,025	0,981

Anexo 14. Seleção de modelos de regressão linear segundo o Critério de Informação de Akaike (AIC) para a tortuosidade do movimento de *Rhipidomys macrurus* na safra.

Modelo	Intercepto	Orientação	Caminho na vegetação	Graus de liberdade	logLik	AICc	ΔAIC	Peso
1	-2,964	-	-	2	-13,020	31,0	0,00	0,524
3	-3,077	-	0,02713	3	-12,095	32,2	1,23	0,284
2	-3,037	0,0006408	-	3	-12,857	33,7	2,75	0,132
4	-3,168	0,0007607	0,02820	4	-11,838	35,3	4,35	0,060

Anexo 15. Sumário de coeficientes do modelo de regressão linear global para tortuosidade do movimento de *Rhipidomys macrurus* na safra. Modelo: tortuosidade ~ orientação + caminho na vegetação.

	Estimate	Std, Error	t value	Pr(> t)
Intercepto	-3,1682005	0,2175837	-14,561	1,99e-09
Orientação	0,0007607	0,0011673	0,652	0,526
Caminho na vegetação	0,0281965	0,0212211	1,329	0,207

Anexo 16. Entrevista semi-estruturada realizada com a gestão escolar.

1. Os professores estão na escola há quanto tempo?
2. Os docentes moram na região?
3. Os estudantes moram na região?
4. O quão participativas são as famílias nas atividades escolares?
5. A escola trabalha temas ambientais?
6. Em caso afirmativo, quais as temáticas ambientais que a escola acha importante debater?

Anexo 17. Entrevista semi-estruturada realizada com os docentes.

1. Na escola acontecem atividades referentes à educação ambiental?
 - a. Em caso afirmativo, quais são essas atividades?
 - b. Com que frequência elas acontecem?
2. A escola dispõe de espaços propícios para trabalhar o tema?
 - a. Em caso afirmativo, que espaços são esses?
 - b. De que forma são utilizados?
3. Educação ambiental é um tema pelo qual os estudantes se interessam?
4. Você tem dificuldades em debater essas temáticas? Se sim, de que forma?

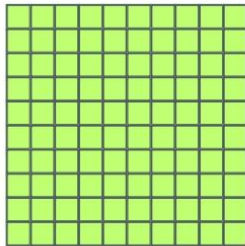
Anexo 18. Roteiro para roda de conversa com os estudantes.

1. Apresentação pessoal e do projeto
2. Há quanto tempo vivem naquela paisagem?
3. Caracterização do ambiente perto da escola e de casa. Lembram de ter sido diferente?
4. Quais plantas a gente encontra nesse ambiente? E animais?
5. Percebem diferenças entre as manchas de Cerrado e de plantio? Se sim, que diferenças são essas?
6. Os animais que vivem em um conseguem viver em outro?
7. Apresentação do conceito de conectividade funcional.

Anexo 19. Regras do jogo pedagógico “Caminhos da paisagem”.

CAMINHOS DA PAISAGEM

Para jogar, precisaremos de:



Tabuleiro quadriculado



Peças de cobertura de solo



Peças de mamíferos do Cerrado



Moedas



Dados



Indicadores de tabuleiro



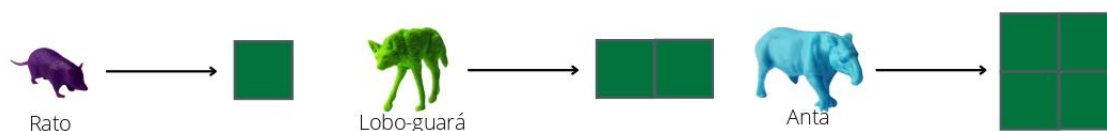
Cartas de eventos aleatórios

Nosso objetivo é fazer com que os animais atravessem o tabuleiro, de modo que toda a área de vegetação nativa esteja conectada para todos os grupos. Para cumprí-lo, precisaremos definir de que forma a partida vai acontecer:

- Podemos escolher jogar com apenas um dos grupos, dois grupos ou a comunidade inteira! Também devemos escolher quantos indivíduos de cada grupo poderá se movimentar por rodada. É isso que vai definir a dificuldade da partida.
- Outra coisa que precisa ser definida e que ajudará a determinar a dificuldade da partida é onde estarão os fragmentos de vegetação nativa e corpo d'água da paisagem, assim como seus tamanhos e formatos. O tabuleiro inicial deve ter, no máximo, 200 quadrados de vegetação nativa.
- Por último, vamos definir onde o jogo começa e onde ele termina. O fragmento de início e de final da trilha devem estar em extremidades opostas, como no exemplo abaixo:



O ponto de início dos jogadores pode ser em um fragmento comum ou em fragmentos diferentes, a depender do nível de dificuldade desejado. O tamanho do fragmento vai ser definido pela quantidade de jogadores e populações, considerando a seguinte regra de ocupação:

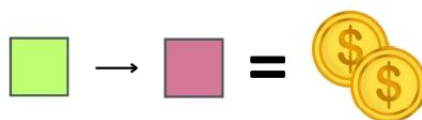


Use sua criatividade para montar as comunidades de diversas maneiras!

Lembre-se apenas que as comunidades de todos os jogadores devem ser iguais e que, quanto maior o bicho, mais fácil fica o jogo. Outro ponto importante é que os indivíduos podem passar pelas áreas de plantio, mas só permanecem em área de vegetação nativa.

Com o tabuleiro definido, podemos começar!

Cada jogador receberá 10 moedas no início do jogo, que serão utilizadas para a alteração da cobertura de solo, seguindo o padrão:



Converter área de plantio em vegetação nativa custa duas moedas

Importante saber que não é possível converter os corpos d'água e que as áreas de vegetação nativa devem ter sempre, no mínimo, quatro quadrados!

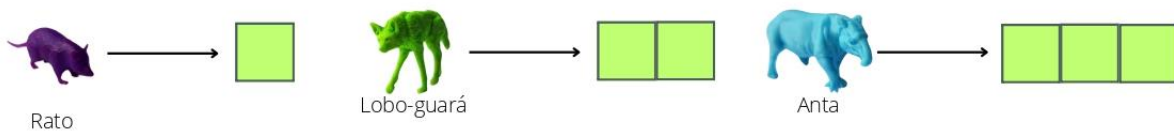
Ao final de cada rodada, as peças de vegetação nativa em crescimento deverão ser substituídas por peças de vegetação nativa crescida. Essa conversão vai movimentar o saldo de de cada jogador da seguinte forma:



Cada três fragmentos de área de plantio convertidas em vegetação nativa vale uma moeda a mais para cada jogador, sempre arredondando para menos (5 fragmentos = 1 moeda; 8 fragmentos = 2 moedas; etc)

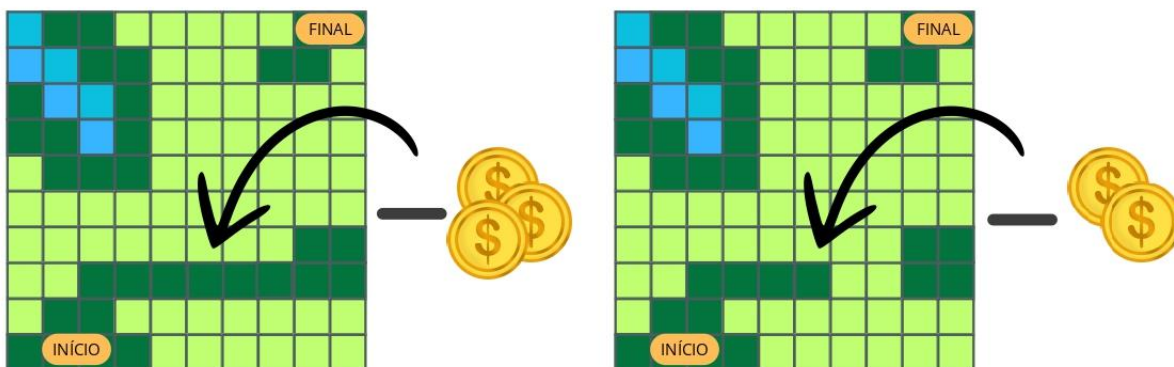
Também é possível ganhar (ou perder) moedas através dos Eventos Aleatórios, carta que deve ser retirada no início de cada rodada e apresentará as condições, das quais não temos controle, em que trabalharemos na rodada.

Essas conversões são essenciais para que aconteça a movimentação dos animais no tabuleiro, seguindo o padrão de movimentação para cada espécie:



Os animais não conseguem ultrapassar mais quadrados de área de plantio do que o indicado, mas são capazes de andar livremente nos fragmentos de vegetação nativa. A movimentação em áreas de vegetação nativa em crescimento segue o padrão de movimentação da área de plantio.

Um ponto de atenção é a formação de corredores ecológicos - que muito ajudam os animais, mas geram gastos maiores para os produtores. Por isso, a formação de corredores que isolem uma área de plantio faz com que cada jogador perca três moedas ao final de cada rodada, enquanto corredores que não isolem faça com que os jogadores percam duas moedas.



A cada rodada, é possível atravessar os indivíduos pela matriz antrópica uma única vez. Caso queira construir um corredor entre os fragmentos, considere que todos os animais da comunidade devem conseguir permanecer naquele espaço.

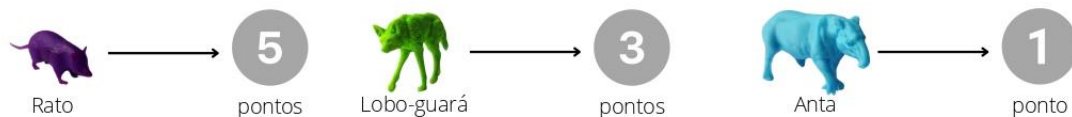
A gente sabe que populações isoladas tendem a diminuir até a extinção. Por isso, a cada duas rodadas, populações isoladas perdem um indivíduo. No caso de populações que estejam dividindo um fragmento com populações de outro jogador, haverá uma tentativa de evento reprodutivo, em que o sucesso será definido pelos dados da seguinte forma:

RESULTADO DOS DADOS	SUCESSO REPRODUTIVO RATO	SUCESSO REPRODUTIVO LOBO GUARÁ	SUCESSO REPRODUTIVO ANTA
Dois números iguais	Tres indivíduos para cada jogador	Dois indivíduos para cada população	Um indivíduo para cada população
Dois números sequenciais	Dois indivíduos para cada população	Um indivíduo para cada população	Reprodução malsucedida
Qualquer outra combinação	Reprodução malsucedida	Reprodução malsucedida	Reprodução malsucedida

A quantidade de novos indivíduos deve respeitar o espaço de ocupação destes e o tamanho do fragmento. Isso significa que, se o jogador ganhar quatro novos filhotes mas estiver em um fragmento que caibam apenas dois, serão apenas esses que ele vai receber.

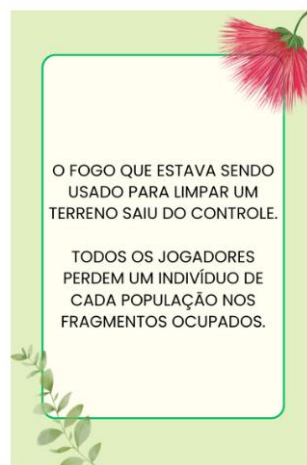
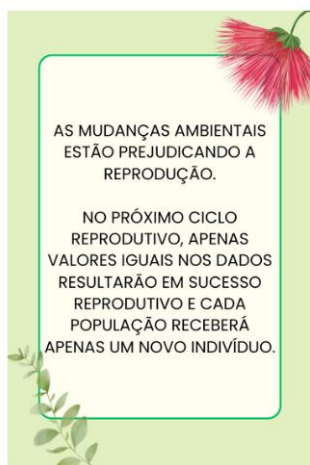
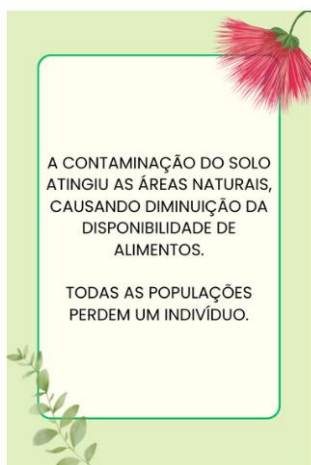
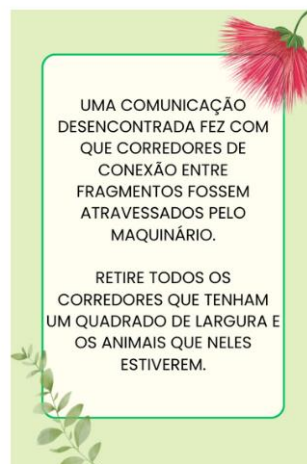
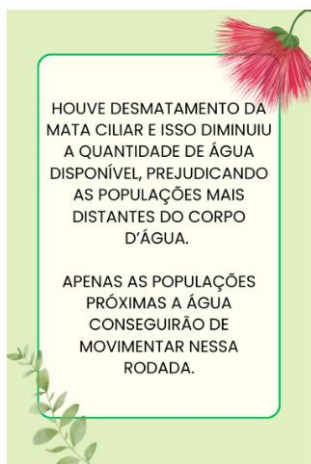
IMPORTANTE! Caso aconteça a extinção local, o jogador ficará uma rodada sem jogar! Em caso de extinção total de qualquer espécie, o jogador perde o jogo. A cada indivíduo morto, independente do motivo, o jogador perde duas moedas. A cada indivíduo nascido, o jogador ganha uma moeda.

O jogo acaba quando a primeira comunidade inteira atravessar o tabuleiro, sendo o responsável por ela o jogador vencedor. Para uma comunidade ser considerada inteira, ela pode perder, no máximo, 20% da sua população original. Caso nenhuma comunidade inteira chegue ao fragmento final em 20 rodadas, ganha quem tiver maior pontuação de animais no fragmento, sendo:



Bom jogo!

Anexo 20. Cartas do jogo pedagógico “Caminhos da paisagem”.





EM ANO DE EL NIÑO, A SECA SE INTENSIFICA.

POR CONTA DA DIMINUIÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA, APENAS AS POPULAÇÕES DOS FRAGMENTOS DE MATA CILIAR CONSEGUIRÃO SE MOVIMENTAR NESTA RODADA.

HOVE UMA LIBERAÇÃO DE VERBA PARA AMPLIAÇÃO DE ÁREAS NATURAIS!

OS JOGADORES RECEBERÃO CINCO MOEDAS POR CADA FRAGMENTO DE VEGETAÇÃO NATIVA QUE ESTIVEREM OCUPANDO.

AS AÇÕES DE PREVENÇÃO DE FOGO FORAM EFETIVAS!

NA SUA VEZ, OS JOGADORES PODERÃO DESCOBRIR NOS DADOS QUANTOS INDIVÍDUOS A MAIS RECEBERÃO PARA COMPLEMENTAR QUALQUER POPULAÇÃO DO TABULEIRO (LIMITADO A SEIS INDIVÍDUOS).

POR ACIDENTE, GRANDES QUANTIDADES DE MATERIAL TÓXICO FOI LIBERADA NO RIO.

NÃO HAVERÁ MOVIMENTAÇÃO NA MATA CILIAR NAS PRÓXIMAS DUAS RODADAS.

A ÁREA DE PLANTIO PRECISOU CRESCER.

A BORDA EXTERNA DAS ÁREAS NATURAIS DEVERÁ SER REMOVIDA, ASSIM COMO METADE DOS INDIVÍDUOS QUE ALI ESTAVAM. A OUTRA METADE PERMANECE NA NOVA BORDA.

HOVE UMA INVASÃO DE GATOS NAS ÁREAS NATURAIS E ALGUNS DOS PEQUENOS MAMÍFEROS FORAM PREDADOS.

TODAS AS POPULAÇÕES DE RATOS PERDEM UM INDIVÍDUO.

DEFENSIVOS AGRÍCOLAS FORAM PULVERIZADOS DE FORMA QUE ATINGIRAM INSETOS DAS ÁREAS NATURAIS, DEIXANDO OS PEQUENOS MAMÍFEROS COM POUCO ALIMENTO.

OS INDIVÍDUOS QUE ESTEJAM A MENOS DE TRES QUADRADINHOS DE ÁREAS DE PLANTIO DEVEM DESAPARECER.

UM EVENTO DE FOGO FEZ COM QUE GRANDES MAMÍFEROS PROCURASSEM REFÚGIO EM ÁREAS DISTANTES.

NESSA RODADA, APENAS RATOS E LOBOS-GUARÁ SE MOVIMENTAM.