

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE BIOLOGIA

CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JHENNYFER DE OLIVEIRA SILVA

**REDUÇÃO DA INTEGRIDADE DA BIODIVERSIDADE DO
CERRADO DEVIDO AS ALTERAÇÕES ANTRÓPICAS DA
PAISAGEM: ESTUDO DE CASO COM FORMIGAS**

UBERLÂNDIA 2022

JHENNYFER DE OLIVEIRA SILVA

REDUÇÃO DA INTEGRIDADE DA BIODIVERSIDADE DO CERRADO DEVIDO AS
ALTERAÇÕES ANTRÓPICAS DA PAISAGEM: ESTUDO DE CASO COM FORMIGAS

Monografia apresentada à Universidade
Federal de Uberlândia, como requisito
parcial para obtenção de grau de licenciatura
em Ciências Biológicas.

Orientador
Prof. Dr. Alan Nilo da Costa.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	3
2.1 Área de estudo	3
2.2 Estimativa da ocupação e uso do solo no Cerrado.....	4
2.3 Delineamento amostral	8
2.4 Análise estatística	9
3. RESULTADOS	9
4. DISCUSSÃO.....	14
5. REFERÊNCIAS	20

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, por me abençoar e me proteger sempre, além de me fornecer todas as oportunidades do período em que estive na graduação. Obrigada por me proporcionar sabedoria, paciência e fôlego de vida!

À minha família (especialmente aos meus pais Welina Ilma e Gilberto Martins, e meus irmãos Ana Luíza e Jhonatan) minha base de sustentação e amor. Essa conquista é nossa. Todos contribuíram para que eu chegasse até aqui, com esforço, sugestões, carinho, incentivo e alegria. Eu não sou nada sem vocês.

À minha querida e grande amiga Bárbara Calegari, por compartilhar sua vida comigo dentro e fora da graduação. Obrigada pelo apoio em tudo, as broncas, tanto pessoais quanto acadêmicas. Nossa história dá um livro! Espero que nossa amizade seja eterna, pois minha gratidão sempre será.

Ao meu amigo querido Gabriel Martin. Uma pessoa especial que me tornou mais calma com seu jeito leve de ser, no qual eu possuo uma grande admiração. Obrigada pelo carinho e auxílio de sempre!

A todos que me ajudaram durante cada processo desta pesquisa, desde as coletas de campo até a confecção deste trabalho. Todo auxílio foi enriquecedor e prazeroso.

Ao meu caro orientador Alan, obrigada pela confiança depositada em mim, além da dedicação em me orientar. Suas orientações ultrapassaram os muros da universidade!

À minha querida avó Ilma, uma fonte de amor em pessoa, que me emprestou o notebook durante meses para que eu pudesse desenvolver o meu TCC.

Ao Pedro Lucas, que contribuiu para momentos importantes da minha vida.

Aos meus queridos amigos da graduação (em especial: Camila, Iasmim, Patrícia, Samantha e Willy). Vocês foram pessoas iluminadas que me incentivaram nos momentos mais difíceis durante a graduação, com muito apreço, paciência, consideração e entusiasmo! Agradeço imensamente pela nossa amizade.

Às equipes do PET Biologia/UFU e da MinasBio Consultoria, meus sinceros carinho e gratidão por todas as experiências que tive durante a minha permanência nessas grandes equipes. Agradeço os aprendizados diários.

Obrigada a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para que eu chegasse até aqui. É hora de dar o próximo passo!

RESUMO

Existe uma importante relação entre a perda da biodiversidade e as degradações ambientais ocasionadas pelo ser humano, em especial quando as áreas de vegetação nativa são substituídas para o estabelecimento de pastagens, agricultura e urbanização. Esses impactos são um dos principais fatores para a diminuição da biodiversidade no Bioma Cerrado, considerado como um dos *hotspot* da biodiversidade brasileira. A utilização dos invertebrados como indicadores ecológicos é um dos diferentes modelos que servem para determinar o reconhecimento do estado de conservação de áreas naturais. Sendo assim, para verificar como a antropização da paisagem tem afetado o bioma Cerrado, realizou-se neste presente trabalho o levantamento da diversidade de formigas em diferentes tipos de habitats naturais (savana e floresta) e ambientes antrópicos (silvicultura, lavoura, pastagem e áreas urbanas). Para tanto, com base nos dados de diversidade de formigas encontradas e na área ocupada por estes tipos de ambientes, foi estimada a integridade da biodiversidade (IB) da mirmecofauna no Cerrado nas últimas décadas (entre 1985 e 2020). As variáveis utilizadas para calcular este índice foram a riqueza e a similaridade. O trabalho foi desenvolvido em cinco municípios, Uberlândia - MG, Araguari - MG, Cumari -GO, Goiandira - GO e Catalão – GO, selecionando 30 áreas de coleta igualmente divididas entre 6 tipos de uso do solo: savana, floresta, lavoura, pastagem, silvicultura e área urbana. Verificou-se com o índice da riqueza, de acordo com o índice de integridade da biodiversidade, um maior impacto das áreas antropizadas nesta ordem: lavouras, pastagens, mosaico lavoura-pastagem, silvicultura e áreas urbanas. Considerando a similaridade, o impacto decrescente do IB de cada área se decorreu com a seguinte posição: pastagem, lavoura, mosaico lavoura-pastagem, silvicultura e área urbana. Ao longo do período entre 1985-2020, houve uma perda de 13,7% de área natural no Cerrado, resultando numa taxa de perda de IB de 0,62% de riqueza e 0,73% de similaridade ao ano. Quanto aos estados menos conservados desse bioma durante esse mesmo tempo, destacaram-se Minas Gerais, São Paulo e Paraná. O estado da Bahia teve a maior redução média na integridade da biodiversidade, seguida por São Paulo e Mato Grosso.

Palavras-chave: savana, região Neotropical, fragmentação, conservação, heterogeneidade ambiental, perturbação antropogênica.

ABSTRACT

There is an important relationship between the loss of biodiversity and environmental degradation caused by humans, especially when areas of native vegetation are replaced for the establishment of pastures, agriculture and urbanization. These impacts are one of the main factors for the decrease in biodiversity in the Cerrado Biome, considered one of the hotspots of Brazilian biodiversity. The use of invertebrates as ecological indicators is one of the different models that serve to determine the recognition of the conservation status of natural areas. Therefore, in order to verify how the anthropization of the landscape has affected the Cerrado biome, this study carried out a survey of the diversity of ants in different types of natural habitats (savannah and forest) and anthropic environments (forestry, farming, pasture and areas urban). Therefore, based on data on the diversity of ants found and on the area occupied by these types of environments, the biodiversity integrity (IB) of the myrmecofauna in the Cerrado in the last decades (between 1985 and 2020) was estimated. The variables used to calculate this index were richness and similarity. The work was carried out in five municipalities, Uberlândia - MG, Araguari - MG, Cumari -GO, Goiandira - GO and Catalão - GO, selecting 30 collection areas equally divided into 6 types of land use: savannah, forest, farming, pasture, forestry and urban area. It was verified with the richness index, according to the biodiversity integrity index, a greater impact of the anthropized areas in this order: crops, pastures, crop-pasture mosaic, forestry and urban areas. Considering the similarity, the decreasing impact of the BI of each area occurred with the following position: pasture, crop, crop-pasture mosaic, forestry and urban area. Over the period 1985-2020, there was a 13.7% loss of natural area in the Cerrado, resulting in a BI loss rate of 0.62% richness and 0.73% similarity per year. As for the least conserved states of this biome during this same period, Minas Gerais, São Paulo and Paraná stood out. The state of Bahia had the largest average reduction in biodiversity integrity, followed by São Paulo and Mato Grosso.

Key-words: savanna, Neotropical region, fragmentation, conservation, environmental heterogeneity, anthropogenic disturbance.

1. INTRODUÇÃO

Independentemente do nível de impacto, os seres humanos já alteraram cerca de 75% da biosfera terrestre (Kennedy et al., 2019; Meng et al., 2021). Como consequência, pesquisadores demonstram um aumento de 1.000 vezes na taxa normal de extinção em massa nos últimos 66 milhões de anos, além de verificar o aumento da temperatura global após o início do Período Industrial, gerando ainda consequências desastrosas como a introdução de espécies exóticas e prejuízos expressivos na alteração do uso do solo (VOS et al., 2015; Raven & Wagner, 2021).

No Brasil, o país com a maior biodiversidade do mundo (MMA, 2020), a antropização também afeta os seres vivos e vem se acelerando nas últimas décadas. Os incêndios, desmatamentos e as alterações no uso do solo são uma das principais causas para a substituição das áreas naturais (Arraes et al., 2012), destacando o bioma Cerrado com os maiores índices absolutos de redução (perda de 152, 7 mil km²) quando comparado com os outros biomas brasileiros (Brasil, 2020). Visto isso, estima-se que atualmente apenas 20% do Cerrado permaneçam intocados (Costa, 2018), sendo que muitas áreas foram e estão sendo perdidas, principalmente, pela implantação de monoculturas e também pelo estabelecimento de pastagens (Klink & Moreira 2002). As modificações ambientais decorrentes das mudanças de uso do solo nesse bioma são extensas, ocasionando forte fragmentação, invasão biológica, erosão e degradação do solo, poluição da água, mudanças no regime do fogo, todas potencialmente levando a perda da biodiversidade (Carvalho et al., 2009).

Nesse sentido, levantamentos padronizados são importantes para o reconhecimento de indicadores ecológicos, com o intuito de planejar a recuperação e/ou mitigação de áreas degradadas e reconhecer o atual estado de conservação de áreas naturais (Freitas et al., 2006). A importância dos invertebrados terrestres como indicadores ecológicos é largamente reconhecida, no contexto de detectar as mudanças ecológicas associadas com as mudanças no uso da terra. As formigas são consideradas bons indicadores biológicos por serem abundantes, terem uma grande importância funcional, serem facilmente amostradas e também por serem sensíveis às mudanças das condições ambientais (Majer 1983; Andersen et al., 2002). Além disso, a identificação taxonômica das formigas é relativamente fácil, especialmente quando comparada à maioria dos outros grupos de invertebrados. Mesmo quando não é possível a identificação ao nível específico, a identificação de morfo-espécies é eficiente. Como os programas de monitoramento da fauna de formigas raramente se baseiam em espécies

individuais, sendo o foco principal na comunidade (riqueza e composição de espécies), a identificação de morfoespécies é suficiente (Andersen, 2010).

No Cerrado, a riqueza de espécies de formigas ainda é desconhecida, porém, acredita-se que ultrapasse 500 espécies (Vasconcelos et al., 2018). Existem poucos levantamentos da mirmecofauna em muitas regiões de abrangência do Cerrado e a perda de habitats avança num ritmo mais rápido que a criação de unidades de conservação e a manutenção das áreas naturais. Sabe-se da importância de estudos em diferentes regiões do Cerrado por ser o maior ecossistema de savanas do Brasil, ocupando cerca de 2 milhões de km² e aproximadamente 22% da área total do país (Oliveira & Marquis 2002), e por ser considerado um *hotspot* de biodiversidade devido à alta riqueza e endemismo de espécies, além da acelerada perda de habitat (Myers et al., 2000).

Com isso, devido as modificações do uso do solo, fica ainda mais improvável calcular com exatidão o quanto da biodiversidade original foi alterada ou perdida em cada área do Cerrado. Embora seja notória a quantidade de estudos que forneçam uma avaliação a respeito da diversidade biológica de um determinado local, com foco na diversidade de espécies e espécies ameaçadas de extinção (Forman, 1981; Noss, 1990), esses conhecimentos frequentemente desconsideram a interação entre os diferentes elementos de uma paisagem ou ecossistema para sustentar toda a estrutura dos componentes biológicos e seus sistemas naturais de suporte (Connor & Kuyler, 2009; Angermeier & Karr, 1984; Poiani et al., 2000).

Por meio do conceito de integridade da biodiversidade, aplicado neste presente trabalho, foi possível aprimorar esses fatores, pois o ecossistema se manterá na sua integridade conforme as suas características originais, desvinculando-o de perturbações externas e considerando a utilidade do tipo de uso de solo. O Índice de integridade da biodiversidade (IB) é medido através do grau de integridade da diversidade biológica original sobre uma determinada unidade terrestre (Majer & Beeston, 1996). Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar como a antropização da paisagem tem afetado a biodiversidade do Cerrado. Para tanto, foi realizado o levantamento da diversidade de formigas em diferentes tipos de habitats naturais (savana e floresta) e ambientes antrópicos (silvicultura, lavoura, pastagem e áreas urbanas). Com base nos dados de diversidade de formigas encontrada e na área ocupada por estes tipos de ambientes, foi estimada a integridade da biodiversidade da mirmecofauna no Cerrado nas últimas décadas (entre 1985 e 2020). A previsão foi de que a biodiversidade do Cerrado tenha sido substancialmente reduzida com a gradativa ocupação da paisagem do bioma pelo homem, com perda de riqueza e mudança na composição de espécies nos ambientes antrópicos em relação aos habitats naturais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido em cinco municípios, Uberlândia - MG, Araguari - MG, Cumari -GO, Goiandira - GO e Catalão – GO (Figura I). Os 30 pontos de coletas foram distribuídos ao longo de uma transecção com 150 km, cobrindo uma área de aproximadamente 350 mil ha dentro do bioma Cerrado. Este por sua vez é caracterizado por um clima subtropical chuvoso, com duas estações bem definidas: uma chuvosa (outubro a abril) e outra seca (maio a setembro; Alvares et al., 2013). Na região, as medidas de temperatura média anual variam entre 22 - 24°C e a precipitação anual acumulada entre 1.400 e 1.900 mm.

Em cada localidade apresentada, foram selecionadas áreas de coleta igualmente divididas entre 6 tipos de uso do solo, totalizando 30 pontos de amostragem: (i) savana, (ii) floresta, (iii) lavoura, (iv) pastagem, (v) silvicultura e (vi) área urbana. Para os tratamentos com cobertura vegetal nativa, savana e floresta, foram selecionados remanescentes com cerrado sentido restrito e floresta, respectivamente (sensu Ribeiro & Walter, 1998). Lavouras corresponderam as áreas de plantio em monocultura de milho ou soja, com as plantas em estágio adulto; pastagens corresponderam a áreas em fazenda de pecuária de gado de corte, com pastos manejados formados por gramíneas forrageiras exóticas (*Brachiaria* sp.); e silvicultura foram representadas por monocultivos de eucalipto (*Eucalyptus* sp.). Por fim, as coletas nas áreas urbanas foram realizadas em canteiros centrais de avenidas, com aproximadamente 10 metros de largura, que apresentavam gramíneas como vegetação predominante e arborização esparsa quando presente.

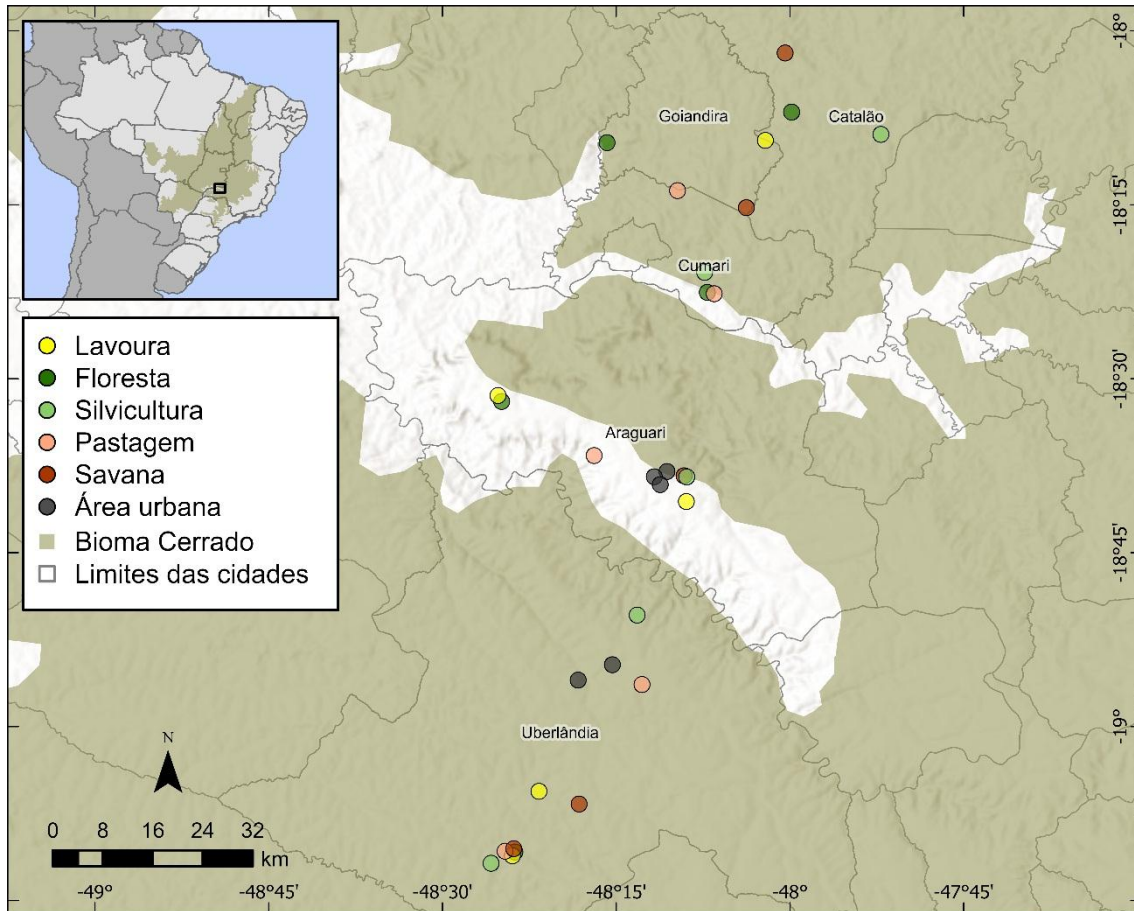


Figura 1: Distribuição das 30 áreas amostradas em diferentes tipos de uso do solo ao longo do sudeste de Goiás e Triângulo Mineiro.

2.2 Estimativa da ocupação e uso do solo no Cerrado

A extensão da área ocupada por cada tipo de uso do solo no bioma Cerrado entre 1985 e 2020 foi realizada com base nos dados disponibilizados pela plataforma MAPBIOMAS, um projeto que realiza o mapeamento anual do uso e cobertura da Terra no Brasil, a partir do Software Google Earth Engine. Outros tipos de ambientes identificados no sistema MAPBIOMAS (mangue, áreas pantanosas, afloramentos rochosos, planícies salinas, praias e dunas, além dos territórios não observados) foram desconsiderados e diminuiu-se a área ocupada por esses ambientes da área total original do Cerrado usada nas análises. Para realização das análises considerando cada uso do solo, os elementos utilizados foram o tempo (Tabela 1) e os estados em que essas regiões ocupam (Tabela 2). A tabela 1 caracteriza o tamanho (ha) dos diferentes usos do solo estudados para o Cerrado nos últimos 36 anos, entre

1985-2020. A tabela 2 indica a proporção da área ocupada pelos mesmos usos do solo por estado, comparando-se apenas o primeiro e o último ano do intervalo de dados disponível.

Alguns tratamentos do Cerrado apresentados no sistema MAPBIOMAS foram reorganizados para proporcionar resultados conforme identificação das áreas de coleta desta pesquisa: na região das lavouras, considerou-se tanto lavouras temporárias (e.g., plantação de soja, milho e cana) quanto lavouras perenes (e.g., plantação de cafés e citrus). Os dados de ambientes campestres foram agrupados com os ambientes savânicos. No tratamento “água”, a identificação coletou informações de corpos d’água artificiais e naturais, considerando rios, lagos, oceanos e aquicultura.

1 **Tabela 1:** Variação da proporção de ocupação de diferentes usos da terra no Cerrado entre 1985-2020.

2

Ano	Área analisada (ha)	Floresta	Savana	Silvicultura	Lavoura	Pastagem	Mosaico lavoura-pastagem	Mineração	Área urbana	Água
1985	191.922.852,5	18,561	48,582	0,279	2,159	19,954	9,640	0,002	0,207	0,616
1986	192.036.243,6	18,381	48,932	0,279	2,162	20,003	9,388	0,003	0,235	0,617
1987	192.193.014,6	18,089	48,911	0,290	2,523	20,840	8,490	0,004	0,243	0,610
1988	192.267.889,2	17,657	48,728	0,392	2,834	21,733	7,787	0,004	0,253	0,613
1989	192.287.953,1	17,358	48,529	0,399	3,154	22,402	7,277	0,004	0,264	0,614
1990	192.317.121,9	17,180	48,206	0,414	3,480	22,959	6,867	0,004	0,274	0,617
1991	192.356.624,4	16,926	47,849	0,531	3,818	23,448	6,500	0,004	0,284	0,640
1992	192.377.657,5	16,706	47,468	0,556	3,895	23,988	6,450	0,004	0,294	0,639
1993	192.404.906,4	16,555	47,008	0,567	4,040	24,556	6,336	0,004	0,302	0,633
1994	192.427.463,0	16,383	46,646	0,595	4,195	25,035	6,194	0,004	0,308	0,640
1995	192.429.107,8	16,169	46,321	0,610	4,287	25,533	6,122	0,004	0,315	0,639
1996	192.458.585,9	16,064	45,958	0,612	4,470	25,936	6,005	0,004	0,322	0,630
1997	192.475.811,7	15,927	45,641	0,631	4,596	26,199	5,994	0,004	0,328	0,679
1998	192.476.232,7	15,834	45,355	0,633	4,756	26,510	5,887	0,005	0,337	0,685
1999	192.495.917,6	15,743	45,040	0,630	5,039	26,763	5,755	0,005	0,343	0,682
2000	192.504.687,3	15,632	44,713	0,634	5,334	26,992	5,703	0,005	0,349	0,638
2001	192.504.592,2	15,570	44,289	0,636	5,684	27,056	5,783	0,005	0,354	0,623
2002	192.498.098,8	15,483	43,856	0,639	5,916	27,207	5,860	0,005	0,359	0,675
2003	192.475.099,5	15,324	43,533	0,634	6,097	27,174	6,182	0,005	0,363	0,687
2004	192.453.205,1	15,194	42,950	0,646	6,692	27,274	6,165	0,006	0,367	0,706
2005	192.494.248,5	15,065	42,595	0,660	7,334	27,323	5,930	0,006	0,371	0,716
2006	192.560.682,2	14,977	42,337	0,683	7,851	27,488	5,553	0,006	0,375	0,730
2007	192.601.268,7	14,920	42,126	0,716	8,162	27,482	5,473	0,006	0,379	0,737
2008	192.617.432,9	14,796	41,980	0,760	8,446	27,317	5,572	0,007	0,383	0,739
2009	192.625.692,0	14,742	41,826	0,846	8,715	26,992	5,742	0,007	0,387	0,743
2010	192.639.647,9	14,710	41,613	0,921	8,898	26,830	5,879	0,007	0,392	0,750
2011	192.666.830,1	14,616	41,473	1,004	9,109	26,584	6,041	0,008	0,396	0,769
2012	192.647.109,2	14,580	41,181	1,086	9,451	26,279	6,251	0,008	0,401	0,763
2013	192.610.362,4	14,593	40,839	1,175	9,893	25,922	6,429	0,009	0,408	0,731
2014	192.603.115,4	14,575	40,537	1,252	10,479	25,705	6,318	0,009	0,413	0,713
2015	192.651.079,5	14,568	40,262	1,271	10,916	25,635	6,222	0,009	0,418	0,699
2016	192.672.462,4	14,556	40,000	1,314	11,240	25,535	6,227	0,009	0,421	0,697
2017	192.694.510,8	14,543	39,678	1,339	11,431	25,353	6,535	0,009	0,425	0,687
2018	192.712.562,4	14,570	39,479	1,410	11,590	25,060	6,760	0,010	0,427	0,694
2019	192.692.889,5	14,637	39,268	1,476	11,796	24,575	7,104	0,011	0,428	0,705
2020	192.645.255,8	14,680	38,671	1,477	12,142	24,395	7,487	0,011	0,433	0,704

3 **Tabela 2:** Variação da proporção de ocupação de diferentes usos da terra no Cerrado para diferentes estados em 1985 e 2020.

4

Estado	Ano	Área original (ha)	Área analisada (ha)	Floresta	Savana	Silvicultura	Lavoura	Pastagem	Mosaico lavoura-pastagem	Mineração	Área urbana	Água
Bahia	1985	10.340.051	10.192.425	5,349	88,598	0,004	2,138	2,284	1,539	0,000	0,025	0,063
Distrito federal	1985	576.091	554.110	9,192	45,061	0,005	7,854	17,963	13,838	0,019	4,986	1,082
Goiás	1985	33.459.361	32.835.685	14,792	32,127	0,020	3,552	36,339	12,419	0,002	0,292	0,457
Maranhão	1985	21.705.155	21.387.772	37,128	55,067	0,000	0,000	1,736	5,365	0,000	0,128	0,576
Mato Grosso	1985	33.773.557	31.388.724	21,309	57,370	0,000	4,285	6,607	9,865	0,007	0,093	0,465
Mato Grosso do Sul	1985	22.224.569	21.600.158	24,130	14,869	0,157	2,098	42,222	16,122	0,000	0,138	0,265
Minas Gerais	1985	31.713.991	31.217.683	11,941	38,716	1,054	1,248	33,124	12,520	0,005	0,310	1,082
Pará	1985	871.003	826.786	25,512	56,562	0,000	0,000	8,481	6,324	0,000	0,154	2,967
Paraná	1985	312.409	309.470	15,680	10,901	9,934	11,669	46,065	5,325	0,000	0,320	0,105
Piauí	1985	13.287.773	13.151.694	14,129	81,537	0,000	0,001	0,480	3,245	0,000	0,171	0,436
Rondônia	1985	263.552	250.677	64,649	31,418	0,000	2,375	0,203	1,162	0,000	0,177	0,015
São Paulo	1985	4.614.202	4.412.065	13,465	6,331	3,074	10,784	45,334	18,195	0,000	0,980	1,836
Tocantins	1985	25.310.485	23.795.605	15,660	70,366	0,000	0,039	7,774	5,267	0,000	0,080	0,813
Bahia	2020	10.340.051	10.192.022	3,430	65,953	0,030	21,303	4,613	4,514	0,000	0,105	0,052
Distrito federal	2020	576.091	567.104	8,094	33,691	0,400	17,657	15,371	12,432	0,060	11,205	1,092
Goiás	2020	33.459.361	33.010.808	12,066	22,641	0,310	14,715	38,692	10,118	0,014	0,585	0,859
Maranhão	2020	21.705.155	21.399.217	31,357	49,642	0,155	4,073	10,945	3,013	0,000	0,278	0,538
Mato Grosso	2020	33.773.557	31.524.440	17,179	39,804	0,190	18,818	19,597	3,722	0,019	0,215	0,457
Mato Grosso do Sul	2020	22.224.569	21.711.225	14,915	8,492	3,690	12,573	51,113	8,644	0,001	0,281	0,291
Minas Gerais	2020	31.713.991	31.339.167	9,200	33,375	4,280	8,545	27,830	15,076	0,030	0,602	1,063
Pará	2020	871.003	825.249	14,948	45,875	0,000	1,910	31,907	2,756	0,015	0,216	2,373
Paraná	2020	312.409	303.985	14,138	16,796	21,222	34,390	4,076	8,625	0,000	0,718	0,035
Piauí	2020	13.287.773	13.160.578	13,586	73,706	0,077	6,964	1,882	3,064	0,000	0,347	0,373
Rondônia	2020	263.552	258.659	56,866	27,749	0,000	9,251	3,962	0,635	0,000	1,517	0,021
São Paulo	2020	4.614.202	4.463.272	8,653	5,198	9,521	42,164	10,122	20,622	0,001	1,993	1,725
Tocantins	2020	25.310.485	23.889.530	13,256	59,456	0,009	4,640	18,177	3,176	0,001	0,200	1,085

5

2.3 Delineamento amostral

Para analisar a fauna de formigas epigéicas em diferentes usos do solo, o estudo considerou uma amostragem de 30 locais. Estes por sua vez, foram selecionados igualmente entre 6 tratamentos: savana, floresta, lavoura, pastagem, silvicultura e área urbana. Cada área identificada foi delimitada por um transecto de 200 m de comprimento, com 10 pontos de amostragem distribuídos de forma regular. Nos pontos de amostragem foram instaladas armadilhas-de-queda (tipo *pitfall*), seguindo protocolo utilizado para estudos sobre diversidade de formigas em ambientes de Cerrado (Lopes & Vasconcelos, 2008; Pacheco & Vasconcelos, 2012; Vasconcelos et al., 2014). As armadilhas consistiram em recipientes plásticos de 1.500 ml contendo cerca de 500 ml de solução de água e detergente neutro. No solo, as armadilhas permaneceram enterradas com a boca rente à superfície e sem isca, uma vez que o distúrbio feito no solo para instalá-las é suficientemente atraente para as formigas (Greenslade, 1973). Após 48h, esses materiais foram recolhidos e os espécimes capturados transferidos para recipientes contendo álcool 70%. A identificação ocorreu em laboratório com o auxílio de especialistas e literatura especializada. As coletas foram realizadas entre março e abril de 2019 (período de chuva).



Figura 2: Instalação das armadilhas-de-queda (tipo *pitfall*) em uma área de plantação de eucalipto.

2.4 Análise estatística

Os conjuntos de dados de formigas foram primeiro convertidos em matrizes de presença/ausências, somando-se então o número total de espécies por local. O valor médio da riqueza de espécies nos ambientes naturais (savana e floresta) e ambientes antrópicos (lavoura, pastagem, mosaico lavoura-pastagem, silvicultura, área urbana, mineração e corpos d'água) foi então calculado e a média dos locais perturbados convertida para uma proporção do valor dos locais naturais. O índice de dissimilaridade de Bray-Curston foi utilizado para determinação da similaridade na diversidade entre os locais.

Com base nos dados gerados das coletas, e com o uso da plataforma MAPBIOMAS para identificação da extensão territorial de cada área, calculou-se o Índice de Integridade da Biodiversidade, que fornece uma estimativa do grau de preservação da diversidade original ainda existente em uma determinada unidade terrestre (Majer & Beeston 1996). Foram utilizadas duas medidas complementares para comparação dos diferentes usos do solo: riqueza de espécies e quociente de similaridade entre locais naturais e áreas antropizadas. Os índices e gráficos foram gerados através do programa Systat v.12 (Systat 2007).

3. RESULTADOS

Nas 30 áreas foram coletadas 26.532 mil formigas de 194 espécies, de 62 gêneros e 8 subfamílias. Foram registradas de 2 a 42 espécies por área de coleta, sendo que o número de espécies foi no geral maior nas áreas naturais do que nas áreas antropizadas (Tabela 3). A substituição do ambiente natural levou a uma redução média de 37% na riqueza de formigas, sendo que lavoura foi a mudança no uso do solo que gerou a maior queda, seguido por silvicultura, pastagem e área urbana (Tabela 4). Analisando os resultados de similaridade, que levou em consideração também a frequência e a composição das espécies de formigas, observou-se uma redução ainda maior na semelhança entre ambientes naturais e antrópicos. A similaridade média foi de apenas 40,3%, o que indicou que os ambientes antrópicos tendem a abrigar uma menor parte da diversidade encontrada dos ambientes naturais (Tabela 4).

Tabela 3: Riqueza média e riqueza total das formigas nos diferentes tratamentos coletados.

Tipo de uso do solo	Riqueza média	Riqueza total
Floresta	28,6	93
Savana	34,8	108
Silvicultura	18,6	57
Lavoura	5,8	20
Pastagem	25,8	78
Área urbana	30,2	89
Total		194

Tabela 4: Proporção da riqueza e da similaridade nas diferentes coberturas do solo com as espécies de formigas, entre áreas antropizadas e áreas de controle (áreas naturais).

Uso do solo	Proporção riqueza	Proporção similaridade
Silvicultura	0,587	0,440
Lavoura	0,183	0,211
Pastagem	0,814	0,452
Mosaico lavoura-pastagem	0,498	0,456
Área urbana	0,953	0,455

Ao relacionar a perda da diversidade com a área ocupada pelos diferentes usos do solo entre os anos de 1985 e 2020, foi possível estimar a redução da integridade da diversidade sofrida pelo Cerrado nas últimas décadas (Figura 3). Em 1985, o bioma já havia perdido aprox. 32,9% da sua área natural, resultando em um IB de 88,9% de riqueza e 81,2% de similaridade em relação a condição original. Já no ano de 2020, a área antropizada foi ampliada para 46,6%, o que acarretou um rebaixamento do IB para 80,4% de riqueza e 71,2% de similaridade. Essa mudança ocorreu dentro de um intervalo de 36 anos, na qual a perda de 13,7% de área natural resultou numa taxa de perda de IB de 0,62% de riqueza e 0,73% de similaridade ao ano.

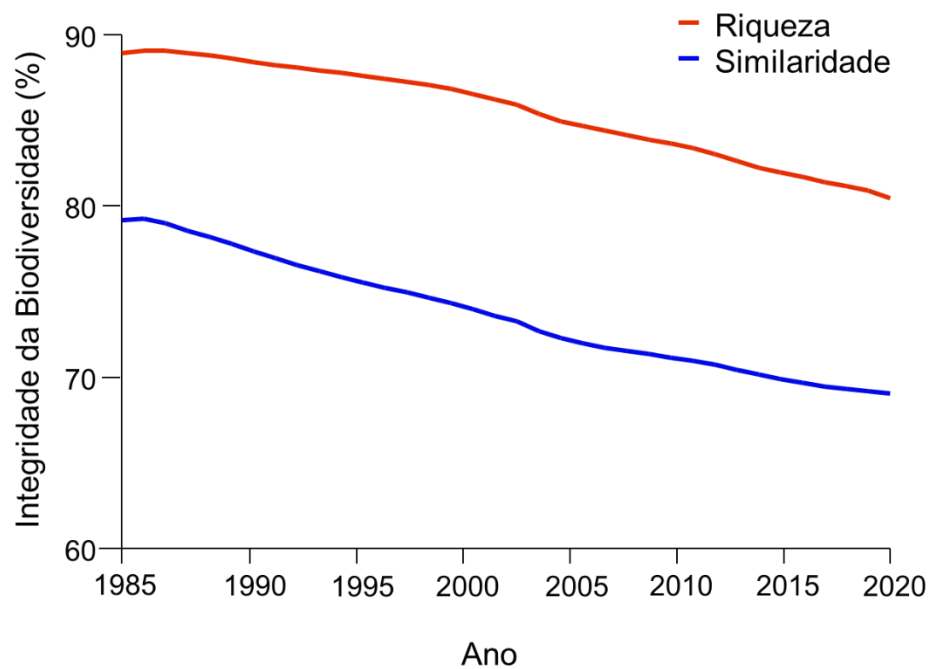


Figura 3: Variação temporal do índice de integridade da biodiversidade, em termos de riqueza e similaridade, com base na substituição dos ambientes naturais por ambientes antrópicos ao longo do tempo no Cerrado.

Ao longo do tempo, foi possível observar uma variação no impacto de diferentes usos do solo na integridade da biodiversidade do Cerrado.

A respeito da riqueza, o maior impacto das áreas antropizadas entre 1985 e 2020 ocorreu em média nas lavouras (36,04%), posteriormente nas pastagens (33,32%), no mosaico lavoura-pastagem (23,55%), na silvicultura (2,12%) e nas áreas urbanas (0,11%), respectivamente, em ordem decrescente (Figura 4).

Em termos de similaridade, o nível de semelhança entre as espécies das áreas antropizadas com as áreas naturais, entre 1985-2020, se decorreu principalmente nas pastagens (56,92%), em seguida na lavoura (24,47%), no mosaico lavoura-pastagem (13,06%), na silvicultura (1,75%) e na área urbana (0,81%) respectivamente, também em ordem decrescente (Figura 5).

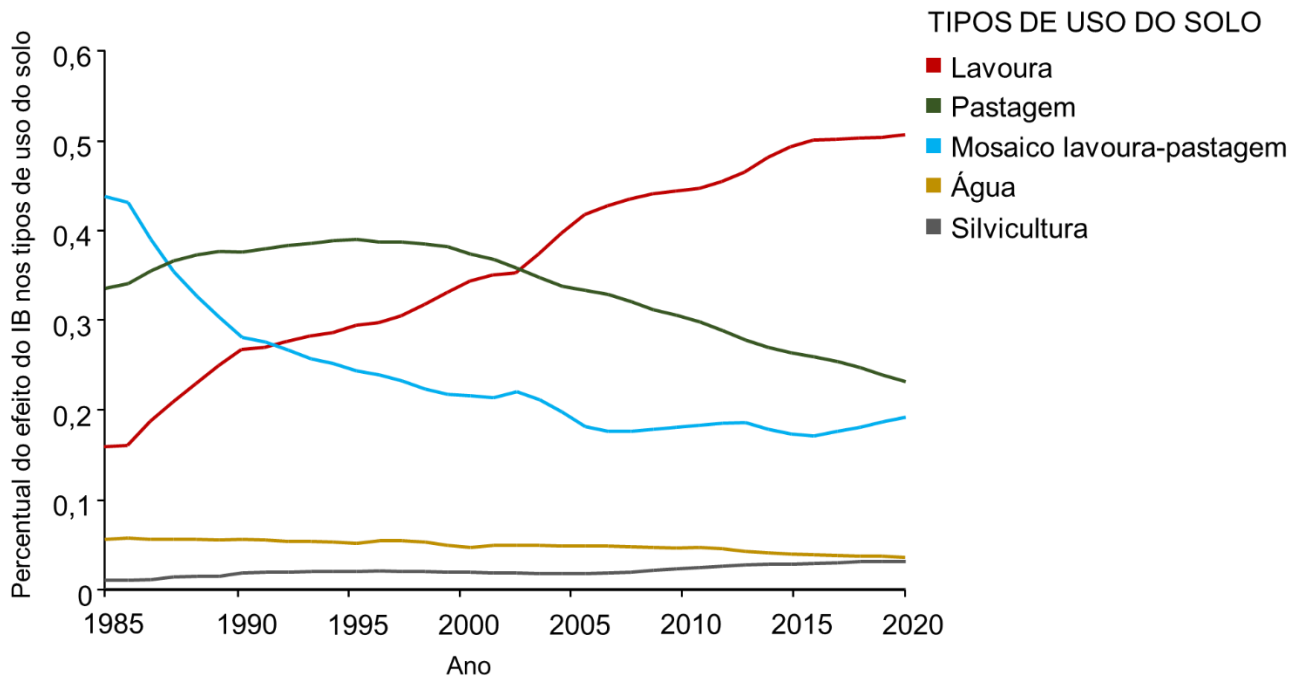


Figura 4: Variação temporal do efeito redutor de diferentes usos do solo sobre a integridade da biodiversidade do Cerrado, em termos de riqueza, entre 1985 – 2020.

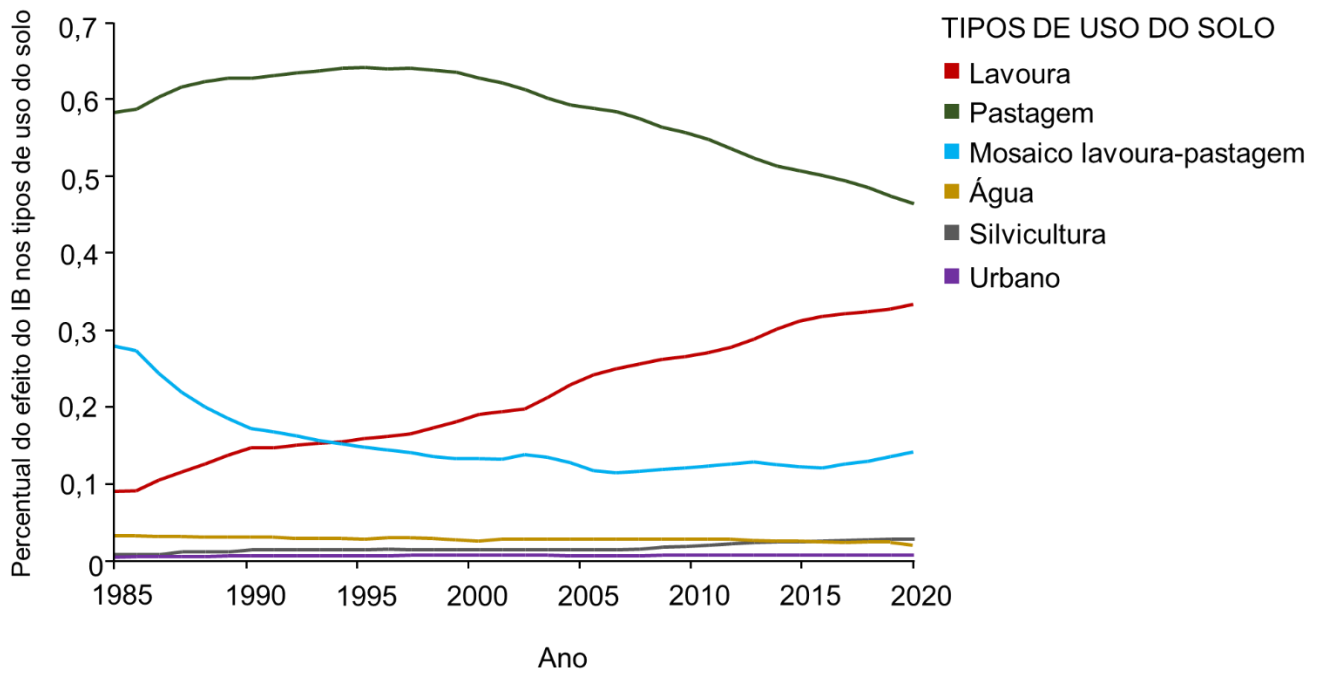


Figura 5: Variação temporal do efeito redutor de diferentes usos do solo sobre a integridade da biodiversidade do Cerrado, em termos de similaridade entre ambientes naturais e antrópicos, entre 1985 – 2020.

Na comparação entre estados, na região norte (Pará, Rondônia e Tocantins) e nordeste (Bahia, Maranhão e Piauí) a área de cerrado apresentava o maior grau de preservação em 1985 (IB médio = 95,0%; Figuras 6 e 7). Para os estados da região centro oeste (Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal) foi registrado um grau intermediário de preservação (IB médio = 77,7%). Enquanto isso, os estados da região sudeste (Minas Gerais e São Paulo) e sul (Paraná) tiveram a diversidade do cerrado como a menos conservada (IB médio = 66,7%; Figuras 6 e 7). Nos 36 anos que separam 1985 e 2020, foi registrada uma redução média de 9,7% na integridade da biodiversidade entre os estados, com destaque para Bahia que teve a maior redução média (-18,1%), seguida por São Paulo (-16,1%) e Mato Grosso (-13,7%; Figuras 6 e 7).

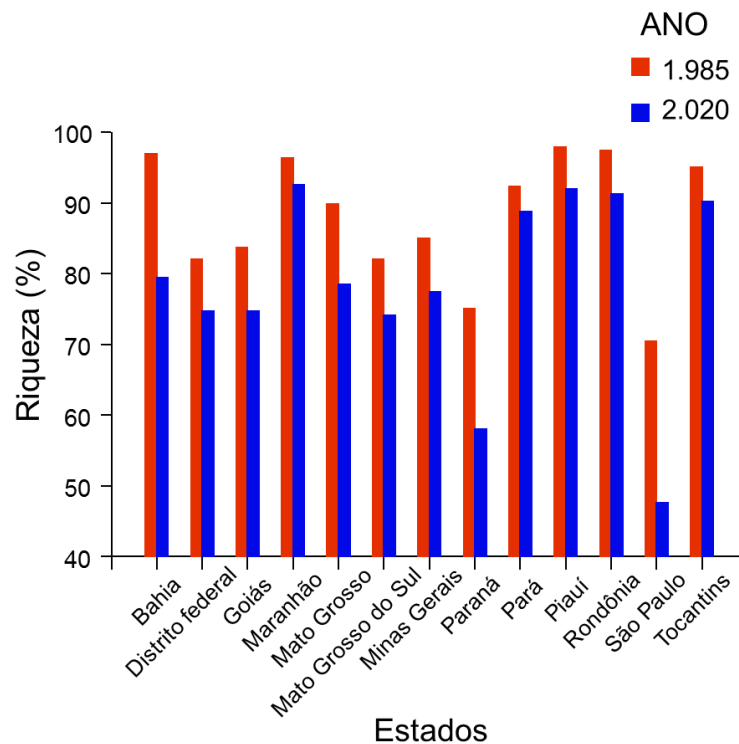


Figura 6: Integridade da Biodiversidade da riqueza de formigas no Cerrado, em função dos percentuais ocupados por ambientes naturais e antrópicos por estado, em 1985 e 2020.

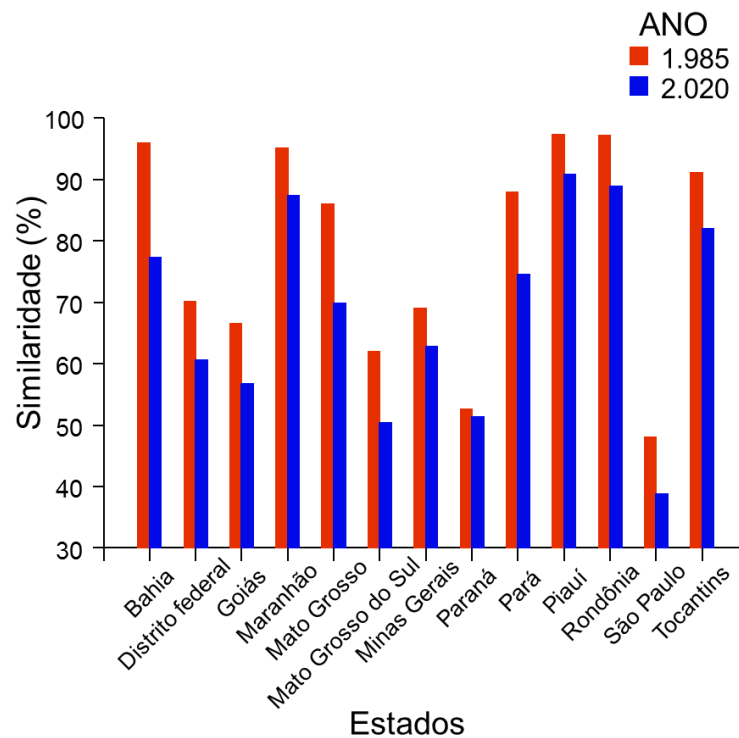


Figura 7: Integridade da Biodiversidade de formigas no Cerrado, com base na similaridade entre ambientes naturais e antrópicos, e em função dos percentuais ocupados por estes tipos de ambientes por estado, em 1985 e 2020

4. DISCUSSÃO

A demanda proveniente dos recursos finitos da Terra está cada vez maior (Kennedy et al., 2019), tornando evidente a necessidade de compreender quais são esses impactos, quais deles apresentam maiores perturbações e como está sendo essas alterações em uma escala de tempo e espaço (Marques et al., 2019); (Tylianakis et al., 2007). Para isso, variáveis que consideram não somente a abundância de cada espécie utilizada como bioindicadora (Connor & Kuyler, 2009), mas também o tamanho de cada território, além do grau de similaridade entre os ambientes naturais e antrópicos (Majer & Beeston, 1996), enriquece os estudos, pois os tornam ainda mais adaptados aos fatores nos quais regem a realidade. Os resultados presentes nesta pesquisa demonstram que houve uma alteração da riqueza e da composição entre os tipos de uso do solo analisados, ocorrendo também uma variação entre os estados por onde o Cerrado se distribui.

Estudos demonstram que as mudanças do uso da terra de fato afetam o meio ambiente em suas múltiplas escalas (Ellis & Pontius, 2006). Há de se considerar diversos fatores diretos e indiretos que podem contribuir para justificar essa redução, variando em cada tipo de uso do

solo sob seus diferentes âmbitos (Asner et al., 2004). A expressiva quantidade de produtos químicos utilizados nas lavouras do Cerrado contribui para inúmeros impactos no solo, na água e no ar, afetando a biodiversidade (Filho & Lima, 2002). Encontra-se nas pastagens bovinas a diminuição da infiltração do solo, alterando o fluxo e a qualidade dos recursos hídricos (devido a ação erosiva das enxurradas, assoreamento e poluição dos reservatórios hídricos), resultantes da deposição dos sedimentos carreados pela enxurrada (Araújo et al., 2007).

Nas regiões onde se utilizam as técnicas da silvicultura, especialmente com a implantação das espécies exóticas do tipo eucalipto e pinus, o impacto monoespecífico e monoclonal dessas espécies pode afetar a ciclagem de nutrientes (Julian et al., 2017) e as áreas de drenagem dos rios (Hynes, 1975), por meio da alta demanda hídrica nesses cultivos, diminuindo águas intersticiais em bacias de drenagem (Coe et al., 2011; Oliveira et al., 2017). Além disso, poderá ocorrer modificações na decomposição da matéria orgânica vegetal (Encalada et al., 2010). Levando em consideração os efeitos diretos da silvicultura exótica na biodiversidade, as modificações poderão ocorrer na ecologia desses ambientes, favorecendo a invasão biológica (Altamirano et al., 2016; Sitzia et al., 2016), a escassez das águas intersticiais, em lençol freático e aquíferos (Coe et al., 2011; Oliveira et al., 2017), além de alterações na interação com espécies nativas, por ação dos seus compostos alelopáticos (Boelter et al., 2011; Calviño-Cancela & Neumann, 2015).

Além disso, levantamentos locais e mundiais apontam que a diminuição de um habitat reduz sua biodiversidade (Wilson, 1999; Dirzo et al., 2014). Sendo assim, o crescimento e a criação de áreas urbanas (Mucelin & Bellini, 2008) também causam efeitos negativos para os seres vivos que ali se habitam. Essa intensificação produz ainda diversos microecossistemas, que prejudicam a composição faunística original e facilita a introdução de outras espécies (Japyassú & Brescovit, 2014), modificando a estrutura física e biótica do habitat. Ademais, a paisagem se torna fragmentada em um mosaico de diferentes ambientes, proporcionando condições diferentes e recursos distintos do original explorados pela fauna (Mendonça & Anjos, 2005).

Ao realizar o levantamento dos estados brasileiros nos últimos 36 anos com as maiores modificações de uso do solo, o aumento das áreas de lavoura foi o índice mais significativo em Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Nos estados da Bahia, Distrito Federal, Mato Grosso, Paraná, Piauí e Tocantins, esse destaque se decorreu com a diminuição das áreas savânicas, ao passo que na Rondônia houve a diminuição das florestas. A modificação mais acentuada nos estados do Maranhão e do Pará se sucedeu com o aumento das áreas de pastagem. Por fim, São Paulo apresentou uma notoriedade no crescimento das lavouras, identificando uma

possível substituição das pastagens por essas áreas. Haja vista os estados com a maior concentração das lavouras, a política de interiorização desenvolvida na primeira metade do século XX pelo governo Vargas conhecida como “Marcha para o Oeste” (Silva, 2013), foi considerada por Bezerra & Jr. (2004) como uma frente pioneira para que o estado de Goiás fosse se introduzindo ao processo produtivo nacional com o fornecimento de gêneros alimentícios e matérias-primas, além de passar a ser atrativo para a população de outras regiões do país. Somado a esses e outros fatores, a região centro-oeste começou a receber capitais para investir nesse setor, devido às condições naturais favoráveis ao plantio de grãos em grande escala (Bezerra & Jr., 2004). Inclusive, Goiás recebeu priorização pelos últimos governos (2011-2014 / 2015-2018) no que tange ao agronegócio, sendo o principal promotor de crescimento econômico (FERREIRA, 2010).

Além disso, ocorreu uma perda de quase 14% no IB das áreas naturais do Cerrado entre 1984 a 2020, principalmente nos estados: Bahia, São Paulo e Mato Grosso. O IB também foi reduzido ao considerar a área de cerrado como a menos conservada (floresta e savana), destacando os estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná. Alguns autores consideram a antropização do meio ambiente natural como uma das maiores causas de extinção de espécies (Wilson, 1999; Dirzo et al., 2014). Estimativas locais e globais de biodiversidade demonstram que o encolhimento de um habitat reduz a sua biodiversidade (Wilson, 1999, p. 406). A região do Matopiba, área geograficamente contínua que engloba parte dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia e que vem se constituindo em uma nova fronteira agrícola do Cerrado, se destaca como sendo a que apresentou o maior aumento porcentual de áreas com culturas agrícolas anuais: Maranhão (128%), Tocantins (328%), Piauí (286%) e Bahia (41%) (Sano et al., 2019).

Lopes (2013) indica que quase a totalidade do estado de Mato Grosso do Sul é viável para a silvicultura, em especial considerando que 73% do relevo do estado é plano ou suavemente ondulado, favorecendo a mecanização no cultivo. Equitativamente, a predominância das classes de solos é propícia para o plantio de 69% da área total do estado. E ainda, sua grande extensão territorial, a presença de duas grandes bacias hidrográficas, além do clima favorável, variando com média de chuva anual de 1.440 mm (Chaebo et al., 2011), contribuem para esse fortalecimento. Assim, encontram-se amplos investimentos de indústrias (eucalipto) no bioma Cerrado, particularmente na região de Três Lagoas-MS, onde estão localizadas as duas maiores empresas de papel e celulose do mundo (Fibria Celulose e Eldorado Brasil) (Ortigoza & Senna, 2016).

O impacto ocasionado pela elevada antropização do Cerrado provoca consequências em muitos dos seus aspectos físicos e biológicos. Pesquisas evidenciam inclusive o desaparecimento total deste bioma no ano de 2030, caso haja uma constante perda anual de 2,2 milhões de hectares de áreas nativas. (Machado et. al., 2004). Fernandes (2011) indica que inicialmente, o bandeirismo e o processo de interiorização do Brasil com a busca por metais preciosos contribuíram para o início da exploração do Cerrado. Porém, a partir de 1950, com a criação de Brasília e o advento da política de expansão agrícola por parte do Governo Federal, essas ocupações foram potencializadas e desordenadas. Outros fatores que contribuíram para tais implicações foram: a ciência, a tecnologia, o empreendedorismo dos produtores, o valor da terra, as melhores condições de infraestrutura e a dinâmica dos mercados (Castro, 2003; Mueller & Martha Júnior, 2008; Contini et al., 2010). Atualmente, o desenvolvimento das pesquisas relacionadas ao aproveitamento dessa região se destaca pela agricultura, silvicultura e pastagens (FALEIRO et al., 2008). De fato, é evidente que a continuação da produção agropecuária no Cerrado seja importante, porém esse é o motivo pelo qual há um dos maiores índices de desmatamento local, necessitando de melhores alternativas para tais cultivos (Campos, 2020).

As consequências proporcionadas pelas degradações ambientais podem inviabilizar o próprio agronegócio no Cerrado e nos outros biomas. As mudanças climáticas afetam aproximadamente um terço das oscilações da produtividade agrícola mundialmente (Ray et al., 2015) e no Cerrado, esses índices poderão no futuro impactar inclusive na geografia da produção agrícola brasileira (Assad, 2020). A prática do desmatamento contribui para o aumento das temperaturas, alterando: o regime das chuvas, disponibilidade da água para a irrigação das monoculturas, a disponibilidade elétrica (fator este que é considerado importante para a agropecuária), entre outras questões. A utilização de agrotóxicos é um outro fator a ser considerado, causando a contaminação do solo, da água, da cadeia trófica por meio do processo de biomagnificação e prejudicando outros os seres vivos além daquelas consideradas como pragas na agricultura, como as abelhas que realizam a polinização (Soares, 2007).

De acordo com os dados do projeto PRODES Cerrado, fundado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), O Cerrado brasileiro perdeu 8.531,44 km² de vegetação nativa entre agosto de 2020 e julho de 2021, sendo o maior índice desde 2016. Infelizmente, por falta de verbas, já não é possível afirmar até mesmo o funcionamento do PRODES Cerrado para o ano de 2022 (WWF, 2021). Considerando os espaços territorialmente protegidos desse bioma, apenas 8,21% de seu território é legalmente protegido por Unidades de Conservação, sendo 2,85% unidades de proteção integral e 5,36% em unidades de uso sustentável, incluindo RPPNs com 0,07% (MMA,2020).

Diante dos impactos ocasionados e potencializados pelas ações humanas sob o meio ambiente, torna-se necessário a instituição de políticas e ações capazes de impedir e reduzir todos esses efeitos, estimulando a conservação das áreas naturais e protegendo a biodiversidade. O Plano Setorial de Adaptação e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária (ABC+) é a segunda etapa de uma política desenvolvida pelo Ministério da Agricultura com o objetivo de diminuir a emissão de carbono no setor agropecuário do Brasil entre 2020-2030, reduzindo 1,1 bilhões de toneladas de CO₂ (Governo do Brasil, 2021). Algumas ações desse plano são: a recuperação de áreas degradadas (reestabelecendo a cobertura do solo); o plantio direto (sem a necessidade de arar a terra); florestas plantadas (áreas de reflorestamento para fins ambientais/comerciais); sistemas irrigados (reduzindo vulnerabilidade no período de seca); bioinsumos (melhorando a fertilidade do solo); tratamento de dejetos animais (diminuindo a dependência desses insumos) ; abates em terminação intensiva (reduzindo a emissão de metano); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e sistemas agroflorestais (MAPA,2021). Esse método consiste em um sistema realizado de forma integrada entre as lavouras, pastagens e florestas sob uma mesma área, podendo ser sistematizado em cultivo consorciado, de sucessão ou em rotação de culturas (Balbino, 2012). Estudos demonstram que essa prática contribui para os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, diminui a ocorrência de doenças de plantas daninhas, aumenta o bem-estar do animal, entre outros fatores (Balbino 2011).

Além disso, Sachs (1993) propõe algumas dimensões que contribuem para o desenvolvimento sustentável da agricultura: a) sob a dimensão ecológica: é importante desenvolver atividades que reduzem o consumo externo, os resíduos e a energia não renovável, respeitando o ciclo de renovação dos sistemas ecológicos; b) sob a dimensão territorial: é necessário desenvolver políticas que mantenham o equilíbrio entre as relações da cidade e do meio rural, para o desenvolvimento rural; c) sob a dimensão cultural: por meio da relação entre a cultura local e o ecossistema, o desenvolvimento rural sustentável é possível; d) na dimensão social: a sustentabilidade no meio rural deve diminuir as disparidades sociais (com melhorias na renda dos trabalhadores, capacitação e assistência técnica); e na e) dimensão econômica: a maior eficiência e a menor dependência de recursos serão obtidos como resultados do aumento da produção e da riqueza social. A definição de prioridades também deve considerar a diversidade de ecossistemas e habitats do Cerrado. Políticas sobre até que ponto deve ser preservado ou usado para produção só terão sentido se a escala espacial de análise for reconhecida explicitamente por causa das diferentes escalas (por exemplo, topografia,

proximidade de mercados, existência de infraestrutura e presença de ONGs) em que atuam os determinantes do grau e da forma de expansão agrícola no Cerrado (Pufal & Garcia, 2000).

Este trabalho fornece subsídios para a orientação das várias possibilidades de pesquisas a serem efetuadas. O levantamento foi realizado com o grupo das formigas devido a sua abundância, facilidade de amostragem, entre outros fatores. De acordo com a metodologia utilizada, as formigas epigéicas foram o alvo principal. Em outro cenário, caso a pesquisa fosse realizada exclusivamente com as formigas arbóreas, os resultados provavelmente seriam ainda mais acentuados, devido ao aumento das áreas desmatadas. Até mesmo outros grupos mais sensíveis ou endêmicos do Cerrado e outros Biomas, teriam também possivelmente um impacto ainda maior. Ainda com relação aos índices, é possível verificá-lo mais detalhadamente utilizando também os efeitos indiretos da antropização nas áreas de controle (efeito de borda, fragmentação) e a qualidade ambiental das lavouras, silviculturas e área urbana. A partir dos dados obtidos neste estudo, verificou-se com o índice da riqueza um maior impacto das áreas antropizadas nesta ordem: lavouras, pastagens, mosaico lavoura-pastagem, silvicultura e áreas urbanas. Considerando a similaridade, o impacto decrescente do IB de cada área se decorreu com a seguinte posição: pastagem, lavoura, mosaico lavoura-pastagem, silvicultura e área urbana.

5. REFERÊNCIAS

- ALTAMIRANO, A., CELY, J. P., ETTER, A., MIRANDA, A., FUENTES-RAMIREZ, A., ACEVEDO, P., ... & VARGAS, R. The invasive species *Ulex europaeus* (Fabaceae) shows high dynamism in a fragmented landscape of south-central Chile. **Environmental monitoring and assessment**, v. 188, n. 8, p. 1-15, 2016.
- ANDERSEN, A. N., HOFFMANN, B. D., MÜLLER, W. J., & GRIFFITHS, A. D. Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. **Journal of Applied Ecology**, v. 39, n. 1, p. 8-17, 2002.
- ANDERSEN, A. N. Using ants as indicators of ecosystem change. **Ant Ecology**. Oxford Univ. Press, Oxford, p. 138-139, 2010.
- ANGERMEIER, P. L., & KARR, J. R. Relationships between woody debris and fish habitat in a small warmwater stream. **Transactions of the American Fisheries society**, v. 113, n. 6, p. 716-726, 1984.
- ARAÚJO, R., GOEDERT, W. J., & LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, 2007.
- ARRAES, R. D. A., MARIANO, F. Z., & SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, p. 119-140, 2012.
- ASNER, G. P., DEFRIES, R. S., & HOUGHTON, R. Typological responses of ecosystems to land use change. In: **Ecosystems and Land Use Change, 2004**. Blackwell Publishing Ltd, 2004. p. 337-344.
- ASSAD, E. D., VICTORIA, D. D. C., CUADRA, S. V., PUGLIERO, V. S., & ZANETTI, M. R. Efeito das mudanças climáticas na agricultura do Cerrado. **Embrapa Informática Agropecuária-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2020.
- ALVARES, CA, STAPE, JL, SENTELHAS, PC, GONÇALVES, JDM, & SPAROVEK, G. Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil. **Revista Meteorológica**, v. 22, nº 6, pág. 711-728, 2013.
- BALBINO, L. C., BARCELLOS, A. D. O., & STONE, L. F. Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta. **Embrapa Cerrados-Livro científico (ALICE)**, 2011.
- BALBINO, L. C., CORDEIRO, L. A. M., OLIVEIRA, P. D., KLUTHCOUSKI, J., GALERANI, P. R., & VILELA, L. Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (iLRF). **Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2012.
- BEZERRA, L. M. C., & CLEPS JR, J. O desenvolvimento agrícola da região Centro-Oeste e as transformações no espaço agrário do estado de Goiás. **Caminhos de geografia**, v. 2, n. 12, p. 29-49, 2004.

- Biodiversidade. **Ministério do Meio Ambiente**, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade>>. Acesso em: 15 mar. 2022.
- BOELTER, C. R., ZARTMAN, C. E., & FONSECA, C. R. Exotic tree monocultures play a limited role in the conservation of Atlantic Forest epiphytes. **Biodiversity and Conservation**, v. 20, n. 6, p. 1255-1272, 2011.
- BOLFE, E. L., SANO, E. E., & CAMPOS, S. K. Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções. **Embrapa Informática Agropecuária-Livro científico (ALICE)**, 2020.
- BRASIL, C. I. Áreas de biomas brasileiros caíram 8,34% entre 2000 e 2018. **Agência Brasil**, 2020. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-09/areas-de-biomas-brasileiros-cairam-834-entre-2000-e-2018>>. Acesso em: 15 mar. 2022.
- CALVIÑO-CANCELA, M., & NEUMANN, M. Ecological integration of eucalypts in Europe: interactions with flower-visiting birds. **Forest Ecology and Management**, v. 358, p. 174-179, 2015.
- CARVALHO, F. M., JÚNIOR, P. D. M., & FERREIRA, L. G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological conservation**, v. 142, n. 7, p. 1392-1403, 2009.
- CASTRO, N. D., HELFAND, S., & REZENDE, G. Expansão rodoviária e desenvolvimento agrícola dos cerrados. **Região e Espaço no Desenvolvimento Agrícola Brasileiro**, v. 1, p. 2, 2003.
- CHAEBO, G., NETO, N. S., CAMPEÃO, P., NORILLER, R. M., & DE LUCENA, R. M. Silvicultura em Mato Grosso do Sul: Desafios e perspectivas a formação de um arranjo produtivo local. **Revista de Administração da UEG (ISSN 2236-1197)**, v. 2, n. 2, p. 23-39, 2011.
- COE, M. T., LATRUBESSE, E. M., FERREIRA, M. E., & AMSLER, M. L. The effects of deforestation and climate variability on the streamflow of the Araguaia River, Brazil. **Biogeochemistry**, v. 105, n. 1, p. 119-131, 2011.
- CONTINI, E., GASQUES, J. G., ALVES, E. D. A., & BASTOS, E. T. Dinamismo da agricultura brasileira. **Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2010.
- COSTA, C. Em 30 anos, Cerrado brasileiro pode ter maior extinção de plantas da história, diz estudo. **Ecoa org**, 2018. Disponível em: <<https://ecoa.org.br/em-30-anos-cerrado-brasileiro-pode-ter-maior-extincao-de-plantas-da-historia-diz-estudo-2/>>. Acesso em: 15 mar. 2022.
- CAMPOS, F. A conservação do Cerrado na lógica econômica. **WWF Brasil**, 2020. Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/?76991/Artigo-A-conservacao-do-Cerrado-na-logica-economica#:~:text=O%20Cerrado%20pode%20atender%20a,e%20menor%20press%C3%A3o%20pelo%20desmatamento>>. Acesso em: em 15 mar 2022

DIRZO, R., YOUNG, H. S., GALETTI, M., CEBALLOS, G., ISAAC, N. J., & COLLEN, B. Defaunation in the Anthropocene. **science**, v. 345, n. 6195, p. 401-406, 2014.

ELLIS, E., & PONTIUS JR, R. G. Land-use and land-cover change. **Encyclopedia of earth**, v. 1, p. 1-4, 2006.

ENCALADA, A. C., CALLES, J., FERREIRA, V., CANHOTO, C. M., & GRACA, M. A. Riparian land use and the relationship between the benthos and litter decomposition in tropical montane streams. **Freshwater Biology**, v. 55, n. 8, p. 1719-1733, 2010.

FALEIRO, F. G., & DE FARIAS NETO, A. L. Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2008.

FERNANDES, P. A., & PESSÔA, V. L. S. O Cerrado e suas atividades impactantes: uma leitura sobre o garimpo, a mineração e a agricultura mecanizada. **Observatorium, Uberlândia**, v. 3, n. 7, p. 19-37, 2011.

FERREIRA, L. C. G. **A evolução do setor sucroalcooleiro na microrregião Ceres (GO): dinâmica espacial e impactos sócio-econômicos**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

FORMAN, R. T. Interaction among landscape elements: a core of landscape ecology. **Perspectives in landscape ecology**, p. 35-48, 1981.

FREITAS, A. V. L., LEAL, I. R., UEHARA-PRADO, M., & IANNUZZI, L. Insetos como indicadores de conservação da paisagem. **Biologia da conservação: essências**, v. 1, p. 357-385, 2006.

GOVERNO DO BRASIL. Site oficial do **Governo do Brasil**, 2021. Disponível em: < <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/10/plano-abc-tem-metas-para-reduzir-a-emissao-de-gases-de-efeito-estufa-na-agropecuaria>>. Acesso em: 15 mar. 2022.

GREENSLADE, P. J. M. Sampling ants with pitfall traps: digging-in effects. **Insectes Sociaux**, v. 20, n. 4, p. 343-353, 1973.

HYNES, H. B. N. Edgardo Baldi memorial lecture. The stream and its valley. **Verhandlungen der Internationalen Vereinigung fur theoretische und angewandte Limnologie**, v. 19, p. 1-15, 1975.

JAPYASSÚ, H. F., & BRESCOVIT, A. Biodiversidade araneológica na cidade de São Paulo: a urbanização afeta a riqueza de espécies. **Laboratório de Artrópodes, Instituto Butantan**, São Paulo, SP. Disponível em:< <http://goo.gl/GbJDNR>> acesso em 15 mar 2022, v. 16, 2014.

JULIAN, J. P., DE BEURS, K. M., OWSLEY, B., DAVIES-COLLEY, R. J., & AUSSEIL, A. G. E. River water quality changes in New Zealand over 26 years: response to land use intensity. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 21, n. 2, p. 1149-1171, 2017.

KENNEDY, C. M., OAKLEAF, J. R., THEOBALD, D. M., BARUCH-MORDO, S., & KIESECKER, J. Managing the middle: A shift in conservation priorities based on the global human modification gradient. **Global Change Biology**, v. 25, n. 3, p. 811-826, 2019.

- KLINK, C. A., & MOREIRA, A. G. Past and Current Human Occupation, and Land Use. In: **The cerrados of Brazil**. Columbia University Press, 2002. p. 69-88.
- LOPES, C. T., & VASCONCELOS, H. L. Evaluation of three methods for sampling ground-dwelling ants in the Brazilian Cerrado. **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 4, p. 399-405, 2008.
- LOPES, C. R. **Expansão da silvicultura de eucalipto no bioma cerrado: uma análise sob a perspectiva dos fatores físicos e socioeconômicos**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.
- MACHADO, R.B., M.B. RAMOS NETO, P.G.P. PEREIRA, E.F. CALDAS, D.A. GONÇALVES, N.S. SANTOS, K. TABOR E M. STEININGER. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Relatório técnico não publicado. **Conservação Internacional**, Brasília, DF, 2004.
- MAJER, J. D. Ants: bio-indicators of minesite rehabilitation, land-use, and land conservation. **Environmental management**, v. 7, n. 4, p. 375-383, 1983.
- MAJER, J. D., & BEESTON, G. The biodiversity integrity index: an illustration using ants in Western Australia. **Conservation Biology**, v. 10, n. 1, p. 65-73, 1996.
- MARQUES, A., MARTINS, I. S., KASTNER, T., PLUTZAR, C., THEURL, M. C., EISENMENGER, N., ... & PEREIRA, H. M. Increasing impacts of land use on biodiversity and carbon sequestration driven by population and economic growth. **Nature ecology & evolution**, v. 3, n. 4, p. 628-637, 2019.
- MENDONÇA, L. B., & ANJOS, L. D. Beija-flores (Aves, Trochilidae) e seus recursos florais em uma área urbana do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 1, p. 51-59, 2005.
- MENG, H., GAO, X., SONG, Y., CAO, G., & LI, J. Biodiversity arks in the anthropocene. **Regional Sustainability**, v. 2, n. 2, p. 109-115, 2021.
- MUCELIN, C. A., & BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & natureza**, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008.
- MUELLER, C. C., & MARTHA JÚNIOR, G. B. A agropecuária e o desenvolvimento socioeconômico recente do Cerrado. **SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO**, v. 9, p. 1-41, 2008.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., DA FONSECA, G. A., & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.
- NOSS, R. F. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. **Conservation biology**, v. 4, n. 4, p. 355-364, 1990.

O Bioma Cerrado. Site oficial do **Ministério do Meio Ambiente**, 2020. Disponível em: < <https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html> >. Acesso em: 15 mar. 2022.

O'CONNOR, T. G., & KUYLER, P. Impact of land use on the biodiversity integrity of the moist sub-biome of the grassland biome, South Africa. **Journal of environmental management**, v. 90, n. 1, p. 384-395, 2009.

OLIVEIRA-FILHO, E. C., & LIMA, J. E. F. W. Potencial de impacto da agricultura sobre os recursos hídricos na região do cerrado. **Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E)**, 2002.

OLIVEIRA, P. S., & MARQUIS, R. J. The cerrados of Brazil. New York: **Columbia University Press**, 2002.

OLIVEIRA, P. T. S., LEITE, M. B., MATTOS, T., NEARING, M. A., SCOTT, R. L., DE OLIVEIRA XAVIER, R., ... & WENDLAND, E. Groundwater recharge decrease with increased vegetation density in the Brazilian cerrado. **Ecohydrology**, v. 10, n. 1, p. e1759, 2017.

ORTIGOZA, F. D. S. S., & SENNA, R. J. Caracterização do segmento de florestas plantadas de eucalipto em Mato Grosso do Sul. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 74-89, 2016.

PACHECO, R., & VASCONCELOS, H. L. Habitat diversity enhances ant diversity in a naturally heterogeneous Brazilian landscape. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, n. 3, p. 797-809, 2012.

Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030): visão estratégica para um novo ciclo. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. / Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação (MAPA)**, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/abc-portugues.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2022.

POIANI, K. A., RICHTER, B. D., ANDERSON, M. G., & RICHTER, H. E. Biodiversity conservation at multiple scales: functional sites, landscapes, and networks. **BioScience**, v. 50, n. 2, p. 133-146, 2000.

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. **Projeto MapBiomias**, 2020. Disponível em: < <https://mapbiomas.org/estatisticas> >. Acesso em: 15 mar. 2022.

PUFAL, D. V. L., BUSCHBACHER, R., & GARCIA, M. A. Brazil: Cerrado. The root causes of biodiversity loss. **World Wildlife Fund and Earthscan Publications**, Sterling, Virginia, p. 95-125, 2000.

RAVEN, P. H., & WAGNER, D. L. Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 118, n. 2, 2021.

- RAY, D. K., GERBER, J. S., MACDONALD, G. K., & WEST, P. C. Climate variation explains a third of global crop yield variability. **Nature communications**, v. 6, n. 1, p. 1-9, 2015.
- REZENDE, G. C. Ocupação agrícola e estrutura agrária no cerrado: o papel do preço da terra, dos recursos naturais e da tecnologia. Rio de Janeiro: **Ipea**, 2002.
- RIBEIRO, J. F., & WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. **Embrapa Cerrados-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 1998.
- SILVA, S. D. O desbravador do Oeste: categorias e referências simbólicas para a colonização de Goiás na Era Vargas. **Campesinato e Marcha para Oeste**, v. 1, p. 59-78, 2013.
- SITZIA, T., CAMPAGNARO, T., KOWARIK, I., & TRENTANOVI, G. Using forest management to control invasive alien species: helping implement the new European regulation on invasive alien species. **Biological invasions**, v. 18, n. 1, p. 1-7, 2016.
- SOARES, W. L., & PORTO, M. F. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, p. 131-143, 2007.
- SYSTAT SOFTWARE Inc Project for SigmaPlot. Versão 12. [S. l.]: **SigmaPlot**, 1983.
- TYLIANAKIS, J. M., TSCHARNTKE, T., & LEWIS, O. T. Habitat modification alters the structure of tropical host-parasitoid food webs. **Nature**, v. 445, n. 7124, p. 202-205, 2007.
- VASCONCELOS, H. L., FRIZZO, T. L., PACHECO, R., MARAVALHAS, J. B., CAMACHO, G. P., CARVALHO, K. S., ... & PUJOL-LUZ, J. R. Evaluating sampling sufficiency and the use of surrogates for assessing ant diversity in a Neotropical biodiversity hotspot. **Ecological Indicators**, v. 46, p. 286-292, 2014.
- VASCONCELOS, H. L., MARAVALHAS, J. B., FEITOSA, R. M., PACHECO, R., NEVES, K. C., & ANDERSEN, A. N. Neotropical savanna ants show a reversed latitudinal gradient of species richness, with climatic drivers reflecting the forest origin of the fauna. **Journal of Biogeography**, v. 45, n. 1, p. 248-258, 2018.
- VOS, J. M., JOPPA, L. N., GITTLEMAN, J. L., STEPHENS, P. R., & PIMM, S. L. Estimating the normal background rate of species extinction. **Conservation biology**, v. 29, n. 2, p. 452-462, 2015.
- WILSON, E. O. *The Diversity of Life (Questions of Science)*. 1999.
- WWF - WWF Brasil. Desmatamento anual do Cerrado é o maior desde 2016: 8.531,44 km². **WWF Brasil**, 2021. Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/?81308/Desmatamento-anual-do-Cerrado-e-o-maior-desde-2016-853144-km>>. Acesso em: 15 mar. 2022.