



IMPACTO DE ESTRADAS NA HERBIVORIA DE *MOQUINIASTRUM BARROSOAE* (ASTERACEAE) EM FITOFISIONOMIAS DISTINTAS DO CERRADO

BRUNO BLUMER; CAMILA DANTAS MONTEIRO; MIRELY FRANCINE DOS SANTOS BARBOSA; NATÁLIA ARIAS SERODIO; MARIA LUISA PASSOS FRIGERO

RESUMO

O Cerrado, uma das regiões mais heterogêneas e, portanto, mais diversas do Brasil, enfrenta desafios ambientais crescentes, incluindo a degradação e fragmentação de habitats causada por estradas. Logo, estas perturbações, fragmentação e degradação do cerrado podem afetar a herbivoria tanto de espécies beirando as estradas bem como às mais adentro da vegetação. A herbivoria, por sua vez, pode impactar significativamente o desenvolvimento das plantas, afetando seu crescimento, capacidade reprodutiva e influenciando a dinâmica da comunidade vegetal ao longo do tempo. Sendo assim, este estudo avalia a herbivoria em *Moquiniastrum barrosoae*, comparando áreas de margem de estrada e interior (pelo menos 10 metros) de mata em duas fitofisionomias distintas na Estação Ecológica de Santa Bárbara: Cerrado *sensu stricto* e Cerradão, que apresentam dossel aberto com vegetação mais espaçada e dossel fechado e vegetação densa, respectivamente. Utilizando um delineamento amostral que abrangeu 60 indivíduos (15 por área nas duas fitofisionomias estudadas), as folhas de cada unidade foram classificadas em cinco categorias de herbivoria de acordo com a área consumida do limbo foliar. Os dados apresentaram distribuição normal e posteriormente foram analisados por ANOVA de dois fatores. Os resultados não mostraram diferenças significativas entre as áreas amostradas, sugerindo que a herbivoria não varia consideravelmente com a distância entre margem e interior de vegetação, ou entre as diferentes fitofisionomias. No entanto, observou-se uma tendência de maior variação na herbivoria no interior de ambas as fitofisionomias, podendo indicar maior especialização dos herbívoros da região. A presença de tricomas estrelados nas folhas de *M. barrosoae* possivelmente contribui para a resistência à herbivoria, indicando que os danos foram provavelmente causados por herbívoros especializados. Uma observação realizada durante o estudo foi o desenvolvimento de *M. barrosoae* em meio a grandes formigueiros no interior das fitofisionomias, indicando um potencial defesa biótica a ser investigada em estudos futuros.

Palavras-chave: Ações Antrópicas; Conservação de Espécies; Comparação de Fitofisionomias; Impactos Ecológicos; Relação Planta-Animal.

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado, segundo maior domínio morfoclimático brasileiro, ocupa 21% do território nacional e apresenta fitofisionomias que abarcam formações florestais, com predominância de espécies arbóreas, onde há formação de dossel contínuo ou descontínuo; savânicas, com árvores e arbustos espalhados, sem a formação de um dossel contínuo; e campestres, com espécies herbáceas e algumas arbustivas (Ribeiro e Walter, 2008). Com clima estacional, o cerrado apresenta invernos secos e verões chuvosos, uma precipitação média anual de 1500 mm e temperaturas amenas ao longo do ano (Klink e Machado, 2005; Santos *et al.* 2010;

Ribeiro e Walter, 1998).

Representando cerca de 5% da fauna e flora mundial (Santos et al., 2010; Aguiar, Machado, Marinho-Filho, 2004), o Cerrado brasileiro sofre com perturbações antrópicas diversas resultando em uma perda não aleatória de diversidade taxonômica, funcional e filogenética e homogeneização biótica das comunidades de organismos em nível regional (Siqueira, 2017). Dentre essas perturbações, os impactos ecológicos diretos e indiretos causados por estradas têm sido considerados como um dos principais responsáveis pela perda da biodiversidade no Cerrado. O aumento da taxa de desmatamento por conta da facilidade ao acesso a terras antes isoladas, redução na dispersão de alguns organismos, interrupção de cursos d'água, atropelamento de animais silvestres, liberação de poluentes e levantamento de poeira, são apenas alguns de seus efeitos deletérios sobre fauna e flora locais (Vasconcelos, 2012).

Outrossim, a presença de estradas pode impactar a relação antagônica estabelecida entre plantas e animais, em que os herbívoros, ao se alimentarem de folhas, raízes e/ou caules, podem comprometer as perspectivas de crescimento e sobrevivência das plantas (Marquis, 2012). Além de fragmentar habitats naturais, as estradas também modificam a composição da vegetação ao redor, substituindo espécies nativas por plantas mais resistentes ao tráfego e à poluição, o que altera a qualidade e a disponibilidade das folhas para os herbívoros, levando a mudanças na dieta e distribuição desses animais (Vasconcelos, 2012). Ademais, elas facilitam o acesso de herbívoros a áreas antes inacessíveis, aumentando a pressão de herbivoria, e geram efeitos de borda que alteram as condições ambientais e a estrutura da vegetação.

Portanto, o presente estudo visa avaliar a herbivoria das folhas de uma espécie modelo, *Moquiniastrum barrosoae*, na margem da estrada e dentro da mata em duas fitofisionomias distintas do Cerrado na Estação Ecológica de Santa Bárbara.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Estação Ecológica de Santa Bárbara, localizada no município de Águas de Santa Bárbara, entre as coordenadas geográficas 22°46' a 22°41' S e 49°16' a 49°10' W. O local com área de 2.712 ha é predominantemente coberto por vegetações típicas do cerrado, com árvores pequenas, esparsas ou ausentes. Foram amostradas duas áreas da Estação Ecológica: O primeiro local corresponde a uma formação de Cerrado *sensu stricto*, caracterizado por três estratos bem definidos: o arbóreo, que é aberto e mais ou menos contínuo; o arbustivo-subarbustivo, que se mostra de aberto a denso e de composição florística muito variável; o estrato herbáceo, constituído principalmente por gramíneas (Melo e Durigan, 2011). Já o segundo lugar refere-se ao Cerradão, com predomínio de árvores, compondo dossel fechado que o caracteriza como vegetação florestal (Melo e Durigan, 2011). Como espécie modelo do estudo, foram utilizados indivíduos de *Moquiniastrum barrosoae* (Cabrera) G.Sancho (Asteraceae). Suas folhas pecioladas são levemente discolores, coriáceas, amplo-ovaladas, com margem inteira, nervação camptódroma, densamente velutino-tomentosas e com tricomas estrelados em ambas as faces (Rodrigues e Carvalho, 2001; Freitas, 2014).

Para coleta das amostras foliares de *M. barrosoae* em ambas as fitofisionomias estabeleceu-se uma distância entre os pontos próximos à estrada (tratamento 1) e os de dentro da mata (tratamento 2), que iniciaram em 10 metros após a margem da mesma. Em seguida, para abarcar uma diversidade maior de indivíduos, foi instituída uma distância de 20 metros entre os grupos de coleta. Ao todo foram distribuídos cinco pontos em cada uma das fitofisionomias, sendo que cada um deles compreendeu seis indivíduos, três de margem de estrada e três de fundo, totalizando 30 exemplares por área (n=60).

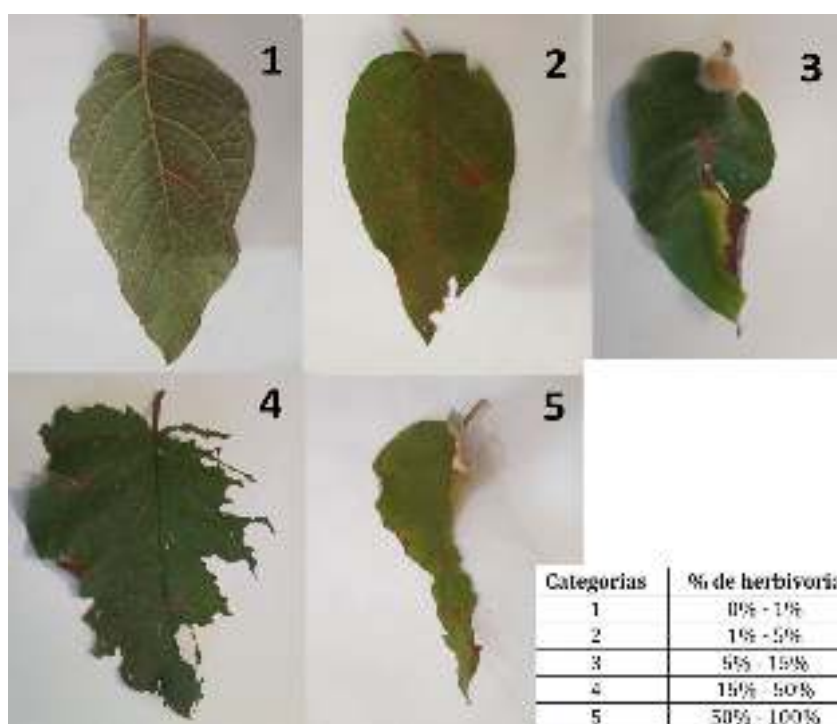
Foram coletadas 10 folhas mais basais de ramos aleatórios de cada um dos indivíduos levantados, totalizando 600 folhas. Optou-se pela coleta de folhas basais, pois estas tendem a ser mais maduras, de tamanho mais consistente em comparação com as folhas apicais, e de nos permitirem avaliar a quantidade acumulada de herbivoria ao longo da vida da folha. Isto permitiu uma padronização na coleta de dados e comparações mais precisas entre as diferentes áreas e fitofisionomias. As folhas coletadas foram analisadas qualitativamente para identificar os variados danos por herbivoria e posteriormente utilizadas para avaliar o índice de herbivoria a partir do estabelecimento de cinco categorias com base na área foliar consumida: categoria 1 (0-1%), categoria 2 (1-5%), categoria 3 (3-15%), categoria 4 (15-50%) e categoria 5 (50-100%). Após a classificação, a média ponderada das folhas pelas classes foi realizada a fim de verificar qual categoria representa o índice de herbivoria de cada indivíduo por tratamento das áreas estudadas.

Por fim, para analisar a diferença na herbivoria entre as diferentes áreas e fitofisionomias, utilizou-se a ANOVA de dois fatores (ANOVA Two-Way). Este teste estatístico foi empregado para avaliar o efeito das variáveis independentes, que são a localização (margem de estrada e interior) e a fitofisionomia (Cerrado *sensu stricto* e Cerradão), sobre a variável dependente, que é o índice de herbivoria foliar por meio do modelo linear contemplando o efeito dos fatores e da possível interação entre fatores:: $IDH \sim FIT + LOC + FIT * LOC$ (índice de herbivoria em função do local + fitofisionomia + fitofisionomia * local).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para de fato analisar a herbivoria acumulada nas folhas de *Moquiniastrum barrosoae*, as folhas foram analisadas qualitativamente, reconhecendo os tipos e extensões dos danos, e posteriormente separadas em categorias de porcentagem aproximada de limbo consumido (figura 1). Portanto, com as folhas dos 60 indivíduos analisadas, os dados foram organizados em uma tabela para a realização do cálculo do índice de herbivoria foliar por indivíduo. Estes índices por indivíduo foram utilizados nas análises estatísticas propriamente ditas.

Figura. 1 - Coletânea de danos identificados e categorizados com base na tabela de % de herbivoria.



Os resultados indicam um predomínio de indivíduos com médio, ou baixo grau de herbivoria (categorias 2 e 3; gráfico 1). Tal situação pode estar associada à presença de tricomas estrelados em ambas as faces das folhas de *Moquiniastrum barrosoae*, um tipo de defesa apresentada pelas plantas em resposta à injúrias causadas pela presença de agentes bióticos e abióticos (CORRÊA, 2008). A resistência à herbívora inclui estratégias de escape, defesa e tolerância. Entre as estratégias de defesa constitutiva das plantas, é possível citar a liberação de compostos químicos e a presença de estruturas morfológicas (defesa física), que podem interferir na sobrevivência e reprodução de muitos insetos, os principais herbívoros foliares (COLEY & BARONE, 1996; KARBAN & BALDWIN, 1997; LUCAS et al., 2000; apud Aoyama, 2012).

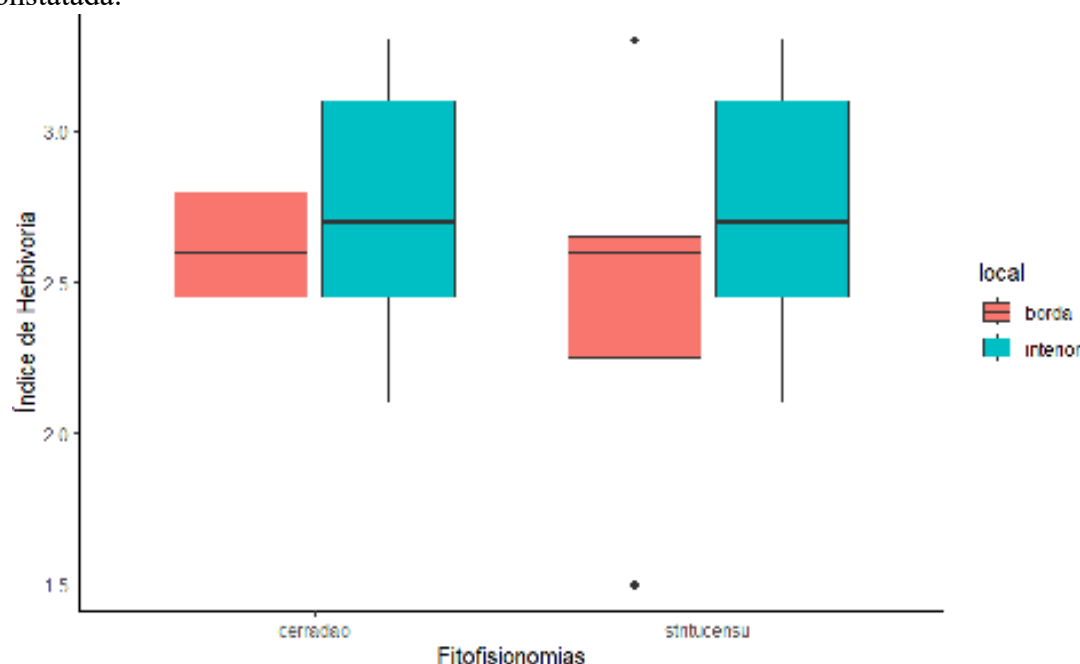
As barreiras físicas incluem a presença de tricomas, apêndices derivados de células epidérmicas, que variam em sua conformação e densidade, podendo ser glandulares ou tectores, simples, retos, espiralados, com ganchos, ou estrelados (LEVIN, 1973). Os tricomas geralmente não apresentam valor nutricional, e ainda podem dificultar o acesso e digestão dos tecidos vegetais, como descrito por Gilbert (1971), em que a presença de tais apêndices em *Passiflora adenopoda* (Juss.) levou larvas de Lepidoptera à morte por inanição e perda de hemolinfa. Outrossim, Ootani e colaboradores (2014) averiguaram uma maior porcentagem de danos e presença de herbívoros em um genótipo de soja com menor densidade de tricomas e, em contrapartida, uma menor extensão de danos na lâmina foliar do genótipo com elevada densidade. Da mesma maneira, Fürstenberg-Hägg et al. (2013) afirma que os artrópodes têm a tendência de abandonar seus esforços para consumir ou colocar seus ovos em plantas com barreiras físicas, como os tricomas. Dessa forma, em função da dificuldade oferecida por atributos da planta, foram selecionadas características morfológicas e comportamentais nos insetos herbívoros, levando à sua especialização e maior sucesso durante a alimentação (FUTUYMA e MORENO, 1988). Tal fato pode indicar que os poucos danos observados em *M. barrosoae* podem ter sido realizados por agentes bióticos especializados frente à presença dos tricomas.

Semelhante aos nossos resultados, dos Santos (p. 28, 2017) observou não haver relação entre a distância da margem e a herbivoria em uma espécie arbustiva de Cerrado, indicando “que não houve uma preferência e/ou maior adaptabilidade dos herbívoros por áreas de borda ou interior de mata” (dos Santos, p.35, 2017). Entretanto, contrapondo essa observação de dos Santos, ao utilizarmos de uma representação gráfica das distribuições das categorias médias de herbivoria nos diferentes cenários, o gráfico 1 revela uma tendência de ocorrência em uma maior variedade de categorias de herbivoria foliar nos interiores das duas fitofisionomias (com base no alongamento do gráfico em azul), em contraposição às suas respectivas margens (com base no achatamento dos gráficos em vermelho). Essa tendência pode indicar uma maior especialização dos herbívoros existentes em região de interior de mata, onde o nível de consumo das folhas foi mais variado. A maior variância dos índices herbivoria no interior da vegetação, pode ser explicado pelo fato de que no interior de florestas há uma maior riqueza de espécies vegetais, representando uma diversidade maior de fontes de recursos para potenciais herbívoros (Brown 1985, Humphrey et al. 1999; apud Barbosa, 2005).

Ainda, no interior das áreas estudadas, durante as coletas, foi percebido que diversos indivíduos de *M. barrosoae* cresciam ao centro de formigueiros de grande porte. Alguns estudos (Del-Claro, 1998; Motta, 2010; Vilela, 2010) indicam que a presença de formigas pode provocar um controle dos danos causados por herbívoros nas folhas e flores das plantas as quais estão associadas, atuando como uma forma de defesa biótica. Na maioria dos casos, essa proteção garantida pelas formigas ocorre em plantas com nectários extraflorais (NEF), os quais não estão presentes em *M. barrosoae*. No entanto, Motta (2010) verificou que o efeito da defesa por formigas não ocorre apenas em plantas que apresentam NEF, percebendo a

mesma interação em lobeiras, plantas que não apresentam as estruturas. Essa interação ocorre pois as formigas protegem o território ocupado, de forma a beneficiar plantas localizadas em regiões com alta densidade desses insetos, independentemente de serem objeto de forrageio das mesmas.

Gráfico. 1 - Gráfico das distribuições das diferentes categorias de herbivoria médias nos 60 indivíduos divididas por regiões e fitofisionomias. nenhuma diferença estatística foi constatada.



O desfecho de nosso trabalho é corroborado por da Silva *et al* (2020), os quais verificaram que a herbivoria entre duas áreas de Cerrado, de diferentes composições vegetacionais - uma xerófila, mais seca e rala; e outra mesófila, mais úmida e densa – não variaram. Os autores, no entanto, apontam como possível problemática em seu estudo, a proximidade das áreas em que foi realizada a pesquisa; questão também presente em nosso estudo.

Apesar das áreas estudadas não apresentarem diferença significativa no nível de herbivoria, é importante ressaltar a diferença nos tamanhos e na exposição dos limbos foliares dessas áreas. A área de Cerrado *sensu stricto* apresenta folhas com limbo menos exposto (retorcidas pela exposição constante ao sol) e de tamanho inferior a aquelas presentes na área de Cerradão. Os resultados obtidos, por considerarem apenas a área foliar consumida e não outras variáveis, podem não refletir a relevância da herbivoria para os indivíduos vegetais estudados. As plantas em área com incidência de luz solar reduzida (Cerradão) podem vir a sofrer mais prejuízos com a herbivoria considerando a relação de área foliar e produção fotossintética, do que aquelas em área com maior incidência de luz solar (*sensu stricto*).

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho, investigamos os padrões de herbivoria em áreas próximas a estradas e no interior da vegetação de duas fitofisionomias do cerrado: cerrado *sensu stricto* e cerradão. Não houve diferença significativa no índice de herbivoria entre as áreas de margem e interior. No entanto, foi verificada uma maior variedade no nível de herbivoria nas regiões de interior de mata em ambas as fitofisionomias, o que pode indicar uma maior especialização de herbívoros na região. Ainda, vale ressaltar a necessidade de mais estudos no Cerrado, devido sua importância na biodiversidade nacional e mundial.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. M. S.; MACHADO, R. B.; MARINHO-FILHO, J. A. diversidade Biológica do Cerrado . In: AGUIAR, L. D. S. (2004). Cerrado: Ecologia e caracterização. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, p. 17-38, 2004.
- AOYAMA, Elisa; LABINAS, Adriana. Características estruturais das plantas contra a herbivoria por insetos. **Enciclopédia Biosfera**, 2012, 8.15.
- BARBOSA, Veralucia S., et al. Distribution pattern of herbivorous insects in a remnant of Brazilian Atlantic forest. **Neotropical Entomology**, 2005, 34: 701-711.
- COLEY, Phyllis D.; BRYANT, John P.; CHAPIN III, F. Stuart. Resource availability and plant antiherbivore defense. *Science*, 1985, 230.4728: 895-899.
- CORRÊA, P. G. et al. Herbivoria e anatomia foliar em plantas tropicais brasileiras. *Ciência e Cultura*, 60. 3, p.54-57, 2008
- DA SILVA, L. J. *et al.* INTERAÇÃO INSETO-PLANTA: taxa de herbivoria em um fragmento de Cerrado no município de Presidente Olegário–MG. **Humanidades E Tecnologia (Finom)**, v. 23, n. 1, p. 429-447, 2020.
- DEL-CLARO, K. A importância do comportamento de formigas em interações: formigas e tripes em *Peixotoa tomentosa* (Malpighiaceae) no cerrado. **Revista de Etologia**, v. 1, n. 1, p. 3-10, 1998.
- DOS SANTOS, M. A.; BARBIERI A. F.; DE CARVALHO J. A. M.; MACHADO C. J. O cerrado brasileiro: notas para estudo. 2010.
- DOS SANTOS, L. R. **Gradientes ambientais e efeito de borda não afetam aspectos da história de vida e características funcionais de uma planta neotropical**. 2017. 52 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.
- FREITAS, K. A. D. **O gênero Moquiniastrium (Asteraceae, Gochnatioideae, Gochnatieae) na região sul do Brasil**. 2014. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2014.
- FÜRSTENBERG-HÄGG, Joel; ZAGROBELNY, Mika; BAK, Søren. Plant defense against insect herbivores. **International journal of molecular sciences**, 2013, 14.5: 10242-10297.
- FUTUYMA, Douglas J.; MORENO, Gabriel. The evolution of ecological specialization. **Annual review of Ecology and Systematics**, 1988, 207-233.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- LEVIN, D. A. The role of trichomes in plant defense. **The Quarterly Review of Biology**, v. 48, p. 3-15, 1973.

MARQUIS, R. J. Uma abordagem geral das defesas das plantas contra a ação dos herbívoros. In: DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. (Eds.) **Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2012, p. 55-64. ISBN 978-85-61368-22-7.

MELO, A. D., DURINGAN, G. Estação Ecológica de Santa Bárbara Plano de Manejo. Secretaria do Meio Ambiente. **Secretaria do Meio Ambiente**. 2011.

MOTTA, C. M. **Formigas protegem plantas sem atrativos no Cerrado?**. 2010. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Faculdades de Ciências Biológicas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2010.

OOTANI, M. A. et al. Resistência à herbivoria contra *Cerotoma arcuatus* Olivier, 1791 (Coleoptera: Chrysomelidae) em genótipos de soja. Bioscience Journal, 30: p. 164-172, 2014.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.). Cerrado: ambiente e flora. **Planaltina: EMBRAPA-CPAC**, p. 89-166, 1998.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. Cerrado: ecologia e flora. **Embrapa Cerrados**, Brasília, DF, p.151-199, 2008.

RODRIGUES, V. E. G.; CARVALHO D. A. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais no domínio do cerrado na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia** 25: p. 102-123, 2001.

SIQUEIRA, F. F. D. S. **Influência de perturbações antrópicas crônicas sobre as interações entre plantas e formigas cortadeiras na Caatinga**. 2017. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Pernambuco, 125 p., 2017.

VASCONCELOS, P. B. D. **O papel das beiras de estradas na conservação da diversidade vegetal do cerrado**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 41 p. 2012.

VILELA, A. A. **Ecological interactions in Malpighiaceae in the Cerrado: sharing of guilds from herbivores and variations in the results of ant-plant interaction**. 2010. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.