



GRAZIELE SANTIAGO DA SILVA

**REMOÇÃO DE SEMENTES ARTIFICIAIS POR
FORMIGAS NO ENTORNO DE UM
RESERVATÓRIO HIDRELÉTRICO**

LAVRAS –MG

2015

GRAZIELE SANTIAGO DA SILVA

**REMOÇÃO DE SEMENTES ARTIFICIAIS POR FORMIGAS NO
ENTORNO DE UM RESERVATÓRIO HIDRELÉTRICO**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-graduação em Entomologia para obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Carla Rodrigues Ribas

LAVRAS –MG

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da
Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a)
autor(a).**

Silva, Graziele Santiago da.

Remoção de Sementes Artificiais por Formigas no Entorno de
Um Reservatório Hidrelétrico / Graziele Santiago da Silva. – Lavras :
UFLA, 2015.

54 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de
Lavras, 2015.

Orientador(a): Carla Rodrigues Ribas.

Bibliografia.

1. Conservação. 2. Mirmecocoria. 3. Descomissionamento. 4.
Barragens. 5. Unidade de Conservação. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

GRAZIELE SANTIAGO DA SILVA

**REMOÇÃO DE SEMENTES ARTIFICIAIS POR FORMIGAS NO
ENTORNO DE UM RESERVATÓRIO HIDRELÉTRICO**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-graduação em Entomologia para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2015.

Dr. Paulo dos Santos Pompeu

UFLA

Dra. Renata Bernardes F. Campos

UNIVALE

Dra. Carla Rodrigues Ribas

Orientadora

LAVRAS-MG

2015

Ao meu Avô Joaquim Santiago, onde quer que esteja,
e a toda minha família, dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as bênçãos alcançadas.

À minha família, pelo apoio e compreensão, em especial ao meu pai Nilton e à minha mãe Geralda por serem meus exemplos.

Às meninas da Monarkia, por serem minhas companhias em Lavras, em especial a Carol que me indicou para a vaga e a Gabi por ter se tornado uma amiga.

Ao Con (Conrado Vieira), pelo amor, ajuda, companheirismo e por apoiar minha carreira acadêmica.

A Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realizar o mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia, por propiciar a execução dos meus trabalhos e aprender um pouco mais sobre os insetos.

À minha primeira orientadora, Renata Bernardes, por ter me apresentado o mundo das formigas pelo qual me apaixonei.

À minha atual orientadora, Carla Rodrigues Ribas, que desde o primeiro contato me recebeu com muita dedicação. Obrigada pela amizade, ensinamento e confiança.

Às formigas, por serem meu objeto de estudo.

Ao Laboratório de Ecologia de Formigas da Universidade Federal de Lavras.

A todos os amigos e colegas do Laboratório de Ecologia de Formigas (LEF), Ernesto e Elis, por terem me recebido tão bem; Ananza, por me ensinar sobre as formigas removedoras; ao Nunes (Antônio), por sempre estar disposto e ler minhas versões; ao Rafa (Verde), por me ajudar com as análises estatísticas. Enfim, agradeço a todos do laboratório mais feliz e unido da Ecologia, pelos momentos de diversão e aprendizado. Um agradecimento em especial para

minha equipe de coleta: Ananza, Chaim, Ernesto e Rafael, sem a ajuda de vocês este trabalho não seria possível.

Aos meus amigos de Divinópolis, pelo carinho, em especial a Andressa e ao Deilson, por se fazerem sempre presentes mesmo longe.

Ao meu professor de Inglês, Wânius Carvalho, pela ajuda e paciência no aprendizado.

Aos colegas do departamento de Ecologia, pelos momentos de descontração e companhia na hora do almoço.

A todos os professores dos programas de pós-graduação em Ecologia Aplicada e Entomologia da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos, em especial ao professor Paulo Pompeu e o Dr. Tadeu Guerra, por participarem da banca de qualificação.

Aos Professores Dr. Paulo dos Santos Pompeu, Dra. Renata Bernardes Faria Campos e Dra. Ludmilla Portela Zambaldi Lima Suzuki, por aceitarem participar da banca de defesa.

À minha turma de mestrado 2013/1, pelos momentos de aprendizado adquiridos nos momentos de estudo na minha casa, por compartilharmos momentos divertidos e estressantes na montagem da caixa entomológica.

Aos proprietários das áreas onde realizamos as coletas na APA Pandeiros.

Ao CNPq (Conselho Nacional Científico), pela bolsa de mestrado e a Fapemig (Fundação de Amparo a Pesquisa), pelo financiamento do projeto.

A todos, o meu muito obrigada!

“Eu quase que nada não sei. Mas desconfio de muita coisa.”

Guimarães Rosa

RESUMO

No Brasil, a geração de energia elétrica pode se dar por diferentes alternativas, sendo que as hidrelétricas são a matriz energética do país. Apesar dos benefícios, as hidrelétricas afetam os ecossistemas onde estão inseridas desde o momento da sua implantação e após sua retirada. Apesar das hidrelétricas serem as fontes mais usadas para geração de energia no Brasil, o processo de descomissionamento de barragens é algo incomum no país para aquelas usinas desativadas. Nesse sentido, antes do processo de retirada de barragens, torna-se importante avaliar o entorno do rio, uma vez que a fauna e a flora adjacentes podem ser diretamente afetadas pelas mudanças causadas com a retirada da barragem. Desse modo, formigas envolvidas em funções ecológicas como a dispersão de sementes podem ser usadas para auxiliar no monitoramento de impactos ambientais. O presente trabalho realizado no norte do estado de Minas Gerais, portanto, teve como objetivo avaliar a taxa de remoção de sementes por formigas no entorno de um reservatório hidrelétrico a fim de auxiliar a formulação de um plano de recuperação das áreas do reservatório após a eventual retirada da barragem. Nossos resultados não mostraram diferenças significativas na riqueza de espécies e tampouco na taxa de remoção de sementes por formigas entre as áreas estudadas. Somente a variável ambiental de porcentagem de cobertura do solo por plantas herbáceas foi positivamente relacionada à taxa de remoção de sementes. Assim, sugerimos que na recuperação do reservatório após o possível descomissionamento, sejam priorizadas estruturas vegetais com plantas herbáceas. Da mesma forma como as características de transição vegetal que a região apresenta devem ser mantidas para um maior suporte de manutenção autônoma do ambiente através do processo de remoção de sementes por formigas.

Palavras-chave: Conservação. Mirmecocoria. Descomissionamento. Barragens. Unidade de Conservação.

ABSTRACT

In Brazil, the electrical power may be produced in different ways and the hydroelectric power stations are the energy matrix of the country. Despite the benefits, they affect ecosystems where they are based since its implementation through its removal. Although hydroelectric stations are the most used sources to produce energy in Brazil, the process of dam decommissioning is unusual in the country for disabled plants. In this sense, it is important to evaluate the banks of the river before the process of dam removal, since the fauna and the flora around it may be directly affected by changes caused during dam removal. Thus, ants involved in ecological roles such as seed dispersion may be used to measure the environmental impacts. Therefore, the present work aimed to assess the seed removal rate by ants around a hydroelectric reservoir in Northern Minas Gerais in order to assist in formulating a recovery plan for reservoir areas after the eventual removal of the dam. Our results showed neither significant differences regarding species richness nor the seed removal rate among studied areas. Only the environmental variable of ground cover percentage by herbaceous plants has been positively related to the seed removal rate. Thus, we suggest recovering a reservoir after decommissioning mainly with plant structures comprising herbaceous plants. Likewise, the characteristics of vegetation transition presented by the region should be maintained in order to provide a better support for the autonomous maintenance of the environment through the process of seed removal performed by ants.

Keywords: Conservation. Myrmecochory. Decommissioning. Dam; Protected Area.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Localização da APA do Rio Pandeiros no Estado de Minas Gerais, Brasil. Destaque em verde no mapa refere-se à área da APA, no Norte do estado.....	32
Figura 2	Variáveis ambientais coletadas em diferentes habitats na APA Pandeiros no norte do estado de Minas Gerais – Brasil. Letras diferentes em cima das barras verticais (desvio padrão) indicam diferença significativa entre as áreas. A) Heterogeneidade de serapilheira, B) Compactação do solo e C) Cobertura do solo por herbáceas.....	40
Figura 3	Influência da variável ambiental cobertura do solo por plantas herbáceas na taxa de remoção de sementes por formigas nas áreas de cerrado, mata seca e antropizadas localizadas no entorno do rio Pandeiros na área de proteção ambiental de Pandeiros-MG, Brasil. As linhas pontilhadas se referem ao intervalo de confiança.....	41
Figura 4	Composição de espécies de formigas removedoras de sementes em áreas de cerrado, mata seca e antropizadas na APA Pandeiros no norte do Estado de Minas Gerais-Brasil..	42
Tabela 1	Subfamílias e espécies de formigas removedoras de sementes coletadas em quatro áreas de cerrado, quatro florestas estacionais decíduais (mata seca) e quatro áreas antropizadas da APA Pandeiros. Os valores em cada área representam as frequências que cada espécie foi coletada.....	39

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	13
1	INTRODUÇÃO GERAL	14
	REFERÊNCIAS	19
	SEGUNDA PARTE - ARTIGO	23
	ARTIGO 1 REMOÇÃO DE SEMENTES ARTIFICIAIS POR FORMIGAS NO ENTORNO DE UM RESERVATÓRIO HIDRELÉTRICO	24
1	INTRODUÇÃO	27
2	METODOLOGIA	31
2.1	Área de estudo	31
2.2	Desenho amostral	33
2.3	Variáveis ambientais	34
2.4	Análises estatísticas	36
2.4.1	Taxa de remoção de sementes	36
2.4.2	Riqueza de espécies removedoras	37
2.4.3	Composição de espécies de formigas removedoras	38
2.4.4	Espécies indicadoras	38
3	RESULTADOS	39
3.1	Taxa de remoção de sementes	41
3.2	Riqueza de espécies removedoras	42
3.3	Composição de espécies de formigas removedoras	42
3.4	Espécies indicadoras	43
4	DISCUSSÃO	44
	REFERENCIAS	48

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, a geração de energia elétrica pode se dar por diferentes alternativas como: usinas eólicas, de biomassa, termelétricas, nucleares e hidrelétricas, sendo as últimas a matriz energética do país (ANEEL, 2008).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), em novembro de 2008 o Brasil contava com um total de 1.768 usinas em operação. Sendo desse total 159 hidrelétricas, 320 pequenas centrais hidrelétricas, 227 centrais geradoras hidrelétricas, uma solar, duas nucleares e 1.042 termelétricas abastecidas por fontes diversas.

As usinas eólicas recebem essa denominação por conseguir gerar energia a partir da massa de ar em movimento sendo que, no Brasil, as primeiras instalações foram no ano de 1990, situadas no estado de Ceará e Fernando de Noronha (AMARANTE et al., 2001). As maiores instalações encontram-se nos estados de Rio grande do Sul, Ceará e Rio Grande do Norte. Essa forma de geração de energia é considerada uma fonte renovável, tendo como benefício a não limitação do recurso, a não emissão de CO₂ além da dependência de uma fonte inesgotável (EÓLICA TECNOLOGIA, 2015). No entanto, existem prejuízos para esse tipo de produção energética no contexto socioambiental: a poluição visual devido à aglomeração de torres, aerogeradores e sonora devido a ruídos dos rotores e alterações da paisagem natural (ANEEL, 2002).

A geração de energia por termelétricas se dá pela combustão de carvão mineral, petróleo e gás natural que geram o vapor que movimenta a hélice das turbinas. Uma das desvantagens desse tipo de produção energética é a poluição atmosférica. E a vantagem, por outro lado, é que podem ser construídas em centros urbanos, diminuindo os gastos com linhas de transmissão (ANEEL, 2008).

Ainda nesse contexto, a energia nuclear é obtida através de urânio, um material químico que é capaz de produzir energia quando fragmentado, sendo que o Brasil apresenta a sétima maior reserva mundial desse material (ANEEL, 2008). Uma vantagem para esse tipo de geração energética, ao contrario das termelétricas, é que nesse tipo de geração energética não há emissão dos gases do efeito estufa (dióxido e monóxido de carbono, metano, oxido nitroso, dentre outros) (INB, 2015). As desvantagens são: os rejeitos radioativos gerados e investimentos elevados para a instalação (ANEEL, 2008). No Brasil, já se encontram em funcionamento as instalações de usinas nucleares de Angra I e II.

A energia hidrelétrica é uma forma de se produzir energia renovável, uma vez que após a água movimentar as turbinas ela volta para o leito do rio (Eletrobras). De modo que não compromete a capacidade de atender as gerações futuras (ANEEL, 2008). No entanto, apesar de ser considerada uma fonte de geração sustentável, as hidrelétricas afetam os ecossistemas onde são inseridas, sobretudo no momento de sua implantação quando alteram os ambientes aquáticos com o desvio do curso dos rios (HEINZ, 2002). Essas construções influenciam diretamente os pulsos de inundação dos rios, características físicas da água e criação de novos ambientes além de afetar as dinâmicas populacionais da fauna aquática (ANEEL, 2008).

Apesar de as hidrelétricas serem as fontes mais usadas para a geração de energia no Brasil (ELETROBRAS, 2014), o processo de descomissionamento de barragens é algo incomum no país, sendo que tal prática é comum em outros países, como por exemplo, nos Estados Unidos. Há relatos de que nos estados americanos 500 remoções de barragens já foram realizadas, embora se estime que o total real seja maior (HEINZ, 2002). Essa atividade pode ser dada através de detonações ou por meio de maquinários.

O processo de descomissionamento de uma barragem gera diversos impactos para o ambiente, tais como, deposição de sedimentos abaixo do

barramento após a detonação/remoção do mesmo, o que pode afetar os pulsos de inundação além de alterar as características da vegetação ripária. Contudo, os benefícios desse processo para o ambiente também são notados, como por exemplo, conexão das bacias hidrográficas, liberação do trânsito de peixes migradores no período de reprodução e maior fluxo gênico entre as espécies (BEDNAREK, 2001).

Nesse contexto, avaliar o entorno do rio se torna de grande importância, uma vez que a fauna e a flora adjacentes podem ser diretamente afetadas pelas mudanças causadas pela retirada da barragem. Tais efeitos podem ser observados nos insetos que têm uma das fases de vida no ambiente aquático, plantas que têm suas sementes dispersas pela água ou até mesmo plantas aquáticas que podem ser afetadas pelo depósito de sedimentos pós-descomissionamento (POFF, et al., 1997).

Além disso, o descomissionamento pode também ter efeitos indiretos em diversos organismos, como por exemplo, os insetos que são muito abundantes nos ambientes ripários e são extremamente sensíveis a mudanças nesses ambientes. Dentre os insetos, as formigas (Hymenoptera: Formicidae) apresentam estimativas de um grupo que pode atingir 10 quadrilhões de indivíduos (FELIX et al., 2010). Utilizadas em monitoramentos ambientais, elas são consideradas bons bioindicadores ambientais, uma vez que possuem alta abundância, ampla distribuição, sensibilidade a perturbações e facilidade de amostragem. (HOLLOBLER e WILSON 1990, RIBAS et al., 2012). Esses insetos sociais desempenham diversas funções ecológicas como a facilitação dos processos de ciclagem de matéria orgânica e remoção e dispersão de sementes (AGOSTI et al., 2000; LACH et al, 2010).

O processo de dispersão de sementes por formigas é conhecido como mirmecocoria, no qual as sementes apresentam uma estrutura atrativa para as formigas, conhecida como elaiossoma (CICARRELI et al., 2005). Essa estrutura

é composta por lipídeos e proteínas utilizadas como fonte de alimento pelas formigas.

Várias espécies de plantas utilizam a mirmecocoria como mecanismo de dispersão das suas sementes, processo no qual as formigas assumem o papel de agentes dispersores primárias o que ocorre obrigatoriamente na Austrália e África do Sul, onde há solos pobres em nutrientes. Em regiões tropicais, esse processo de remoção de sementes desempenhado pelas formigas é facultativo, uma vez que elas consideradas dispersoras secundárias, pois removem as sementes já depositadas no solo. Essa função ecológica que as formigas realizam é essencial para as áreas que não apresentam dispersão por vertebrados (CHRISTIANINI e OLIVEIRA 2010). Santana et al. (2013) observaram em um experimento que formigas foram capazes de remover mais diásporos não mirmecocóricos que vertebrados, mostrando serem organismos efetivos no processo de remoção de sementes.

O processo de mirmecocoria vem sendo descrito em vários ecossistemas tais como em fisionomias de cerrado (CHRISTIANINI et al., 2010; FERREIRA et al., 2011; RABELLO et al., 2014), floresta tropical úmida (SANTANA et al., 2013), mata atlântica (RABELLO et al., 2015), deserto (SUAZO et al., 2013), floresta semi-decidual (PASSOS e FERREIRA 1996), caatinga (LEAL et al., 2013) e campo rupestre (LIMA et al., 2012).

Quando as formigas interagem com a semente e agem como dispersoras, elas são importantes para o ambiente, pois diminuem a competição entre os diásporos e suas plantas-mãe, além de reduzirem a predação de sementes (GALLEGOS et al., 2014). Indiretamente, esse processo fornece condições favoráveis para o desenvolvimento da planta, uma vez que o solo ao redor do ninho possui muitos nutrientes (LEAL, 2003).

Como relatado acima, o processo de descomissionamento de barragens pode causar danos à flora e à fauna do entorno do reservatório, afetando as

formigas e podendo influenciar as funções ecológicas desempenhadas por elas. Visando à busca por inovações e fazendo parcerias para execuções de projetos que objetivam estudar possíveis descomissionamentos, o programa de pesquisa e desenvolvimento P&D da Cemig incentiva estudos que abordam essa prática financiando estudos com o objetivo de evitar gastos de manutenção com usinas que estão desativadas.

Nesse contexto, esse trabalho teve como objetivo avaliar a taxa de remoção de sementes por formigas em diferentes áreas no entorno do reservatório hidrelétrico, bem como a influencia da complexidade do habitat sobre a riqueza e composição de formigas nessas áreas.

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA- ANEEL (2002) Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Brasília, 1^o edição.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA- ANEEL (2008) Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Brasília, 3^o edição.

AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E.; SCHULTZ, T.R. Ed. (2000) **Ants**: standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Washington: Smithsonian Institution Press, p. 280.

AMARANTE, O. A. et al. (2001) Atlas do potencial eólico brasileiro. Brasília: MME; Rio de Janeiro: Eletrobrás.

BEDNAREK, A.T. (2001) Undamming Rivers: A Review of the Ecological Impacts of Dam Removal. **Environmental Management**. New York. vol. 27, p.803–814.

CHISTIANINI, A.V & OLIVEIRA, P.S. (2010) Birds and ants provide complementary seed dispersal in a neotropical savanna. **Journal of Ecology** v. 98, p.573–582.

CICCARELLI, D. et al. (2005) Structure and development of the elaiosome in *Myrtus communis* L. (Myrtaceae) seeds. Elsevier **Flora Italy** p.326-331.

ELETROBRAS – Disponível em:

<http://www.eletrobras.com/elb/main.asp?ViewID=%7BC188A694-4A68-4B73-9C60-2BB973B056D2%7D¶ms=itemID=%7B5674E547-C69A-49C9-95CD-D19E4BFF084C%7D;&UIPartUID=%7BD90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898%7D> acesso em 27/12/2014.

EÓLICA TECNOLOGIA – Disponível em: <http://www.eolica.com.br/> acesso em 02/02/2015.

FELIX, M. ALMENIDA, C.E. FREIRE, N. M. S. COSTA, J. (2010) Insetos: Uma aventura pela Biodiversidade. Primeira Edição Ed. Otten. p.37.

FERREIRA, A.V.; BRUNA.E.M. AND VASCONCELOS, H.L. (2011) Seed predators limit plant recruitment in Neotropical savannas. *Oikos*, 120:p. 1013–1022.

GALLEGOS,S.C;HENSEN.I.; SCHLEUNING, M.(2014) Secondary dispersal by ants promotes Forest regeneration after deforestation. *Journal of Ecology* p.659-666.

HEINZ, J. H.(2002) Dam Removal: Science and Decision Making. III Center for Science, Economics, and the Environment Universidade de Michigan, versão digitalizada em 07/09/2009.

HÖLLDOBLER, B.& WILSON, E. O. (1999) **The Ants**.Cambridge: Havard University Press.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL- INB. Disponível em: http://www.inb.gov.br/pt-br/WebForms/interna2.aspx?secao_id=78&campo=63 acesso em 19/01/2015.

LEAL, I.R. Dispersão de sementes por formigas na Caatinga (2003) In: Leal, I. R.; Tabarelli, M.; Silva, J. M.C. – **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE. Capítulo 14 p.593-624.

LEAL, L.C.; ANDERSEN,A.N. ;LEAL, I.R. (2013) Anthropogenic disturbance reduces seed- dispersal services for myrmecochorous plants in the Brazilian Caatinga. **Oecologia**.

LIMA, M.H.C; OLIVEIRA, E.G.; SILVEIRA, F.A.O. (2012) Interactions between Ants and Non-myrmecochorous Fruits in *Miconia* (Melastomataceae) in a Neotropical Savanna. **Biotropica** p.1-7.

LACH,L. & HOOPER-BÙI,L.M.(2010) Consequences of Ant Invasions. Capitulo 15. **Ant Ecology** p.261-286.

PASSOS, L; FERREIRA, S.O. (1996) Ant Dispersal of *Croton priscus* (Euphorbiaceae) Seeds in a Tropical Semideciduous Forest in Southeastern Brazil. **Biotropica** 28(4b): 697-700.

POFF, N.L.; ALLAN, J.D; BAIN, M.B.; KARR, J.R. PRESTEGAARD, K.L. RICHTER, B.D.; SPARKS, R.E.; STROMBERG, J.C. (1997) The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. **Bioscience**, 47:p. 769–784.

RABELLO, A.M; BERNANRDI, L.F.O; RIBAS, C.R. (2014) Testing an artificial aril as a new ant-attractant. **Revista Biociências, Taubaté**, v. 20, n. 1, p. 77-81.

RABELLO, A.M; et al (2015) When is the best period to sample ants in tropical areas impacted by mining and in rehabilitation process? **International Journal for the Study of Social Arthropods**.

RIBAS, C.R.; CAMPOS, R.B.F.; SCHIMIDT, F.A.; SOLAR, R.C.C. (2012) Ants as indicators in Brazil: A review with suggestions to improve the use of ants in environmental monitoring programs. **Psycle: A Jornal of entomology**, Cambridge, v.2012, p.1-23.

SANTANA, F.D; CAZETTA, E.; DELABIE, J.H.C. (2013) Interactions between ants and non-myrmecochorous diaspores in a tropical wet forest in southern Bahia, Brazil **Journal of Tropical Ecology** p.71-80.

SUAZO, A.A.; CRAIG, D.J.; VANIER, C.H.; ABELLA, S.R. (2013) Seed removal patterns in burned and unburned desert habitats: Implications for ecological restoration. **Journal of Arid Environments** 88 p. 165-174.

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

ARTIGO 1

**REMOÇÃO DE SEMENTES ARTIFICIAIS POR FORMIGAS NO
ENTORNO DE UM RESERVATÓRIO HIDRELÉTRICO**

Santiago, G.S.¹, Cuissi, R.G.², Canedo-Jr. E. O.¹, Ribas, C.R.³

¹Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras –MG, Brasil. grazielesantiago@hotmail.com

²Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, Departamento de Biologia, Setor Ecologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, Brasil

³Laboratório de Ecologia de Formigas, Departamento de Biologia, Setor Ecologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, Brasil

RESUMO

No Brasil, a geração de energia elétrica pode se dar por diferentes alternativas, sendo que as hidrelétricas são a matriz energética do país. Apesar dos benefícios, as hidrelétricas afetam os ecossistemas onde estão inseridas desde o momento da sua implantação e após sua retirada. Apesar das hidrelétricas serem as fontes mais usadas para geração de energia no Brasil, o processo de descomissionamento de barragens é algo incomum no país para as usinas desativadas. Nesse sentido, antes do processo de retirada de barragens, torna-se importante avaliar o entorno do rio, uma vez que a fauna e a flora adjacentes podem ser diretamente afetadas pelas mudanças causadas com a retirada da barragem. Desse modo, formigas envolvidas em funções ecológicas como a dispersão de sementes podem ser usadas para auxiliar no monitoramento de impactos ambientais. O presente trabalho realizado no norte do estado de Minas Gerais, portanto, teve como objetivo avaliar a taxa de remoção de sementes por formigas no entorno de um reservatório hidrelétrico a fim de auxiliar na formulação de um plano de recuperação das áreas do reservatório após a eventual retirada da barragem. Nossos resultados não mostraram diferenças significativas na riqueza de espécies e tampouco na taxa de remoção de sementes por formigas entre as áreas estudadas. Somente a variável ambiental de porcentagem de cobertura do solo por plantas herbáceas foi positivamente relacionada à taxa de remoção de sementes. Assim, sugerimos que na recuperação do reservatório após o possível descomissionamento, sejam priorizadas estruturas vegetais com plantas herbáceas. Da mesma forma como as características de transição vegetacional que a região apresenta devem ser mantidas para um maior suporte de manutenção autônoma do ambiente através do processo de remoção de sementes por formigas.

Palavras-chave: Conservação. Mirmecocoria. Descomissionamento. Barragens. Unidade de Conservação.

ABSTRACT

In Brazil, the electrical power may be produced in different ways and the hydroelectric power stations are the energy matrix of the country. Despite the benefits, they affect ecosystems where they are based since its implementation through its removal. Although hydroelectric stations are the most used sources to produce energy in Brazil, the process of dam decommissioning is unusual in the country for disabled plants. In this sense, it is important to evaluate the banks of the river before the process of dam removal, since the fauna and the flora around it may be directly affected by changes caused during dam removal. Thus, ants involved in ecological roles such as seed dispersion may be used to measure the environmental impacts. Therefore, the present work aimed to assess the seed removal rate by ants around a hydroelectric reservoir in Northern Minas Gerais in order to assist in formulating a recovery plan for reservoir areas after the eventual removal of the dam. Our results showed neither significant differences regarding species richness nor the seed removal rate among studied areas. Only the environmental variable of ground cover percentage by herbaceous plants has been positively related to the seed removal rate. Thus, we suggest recovering a reservoir after decommissioning mainly with plant structures comprising herbaceous plants. Likewise, the characteristics of vegetation transition presented by the region should be maintained in order to provide a better support for the autonomous maintenance of the environment through the process of seed removal performed by ants.

Keywords: Conservation. Myrmecochory. Decommissioning. Dam. Protected Area.

1 INTRODUÇÃO

Formigas são organismos usados para mensurar impactos ambientais (RIBAS et al., 2012) pois possuem características como: distribuição cosmopolita, alta abundância durante todo o ano, baixo custo para amostragem, são relativamente fáceis de identificar e possuem sua ecologia e taxonomia relativamente bem descritas (MCGEOCH, 1998; PHILPOTT, 2010). Essas características fazem com que esses organismos sejam usados como indicadores de qualidade ambiental, além de estarem envolvidos em várias funções ecológicas tais como: ciclagem de nutrientes, revolvimento e aeração solo e dispersão de sementes (AGOSTI et al., 2000). A dispersão de sementes, também conhecida como mirmecocoria, é uma interação entre formigas e plantas, onde as formigas dispersam as sementes, frutos e infrutescências de plantas (GILANDI, 2006).

As formigas são atraídas por estruturas abundantes em nutrientes e lipídios que estão presentes nas sementes, conhecidas como elaiossoma (VAN DER PIJL, 1982; CICCARELLI et al., 2005). Mesmo sementes desprovidas de tais estruturas são capazes de atrair formigas, pois são fonte de carbono com altos teores de açúcares na polpa dos frutos (KALIF et al., 2002; GÓMEZ et al., 2005). O processo de dispersão de sementes é considerado um fator chave para a reprodução e a sobrevivência das plantas, aumentando a distância dos diásporos em relação à planta mãe e diminuindo os possíveis efeitos da competição intraespecífica por recursos (GUARIGUATA et al., 2000; PASSOS e OLIVEIRA, 2004). Esses insetos também podem mudar o destino das sementes dispersas primariamente por vertebrados, afetando a distribuição espacial, o que aumenta o estabelecimento de plântulas (OLIVEIRA et al., 1995; PIZO e OLIVEIRA, 1998; CHRISTIANINI e OLIVEIRA, 2009; GALLEGOS et al., 2014).

Esses organismos são classificados como dispersores secundários, pois são capazes de transportar sementes expelidas primariamente por frutos através de pressão ou dispersos com a polpa intacta ou ainda com partes ingeridas (PASSOS e OLIVEIRA, 2004; BIEBER et al., 2013). Contudo, em ambientes perturbados, a fauna de formigas pode sofrer modificações, alterando a dinâmica da remoção de sementes (KALIF et al., 2002). Esses organismos são particularmente importantes no contexto de áreas degradadas, pois podem remover uma grande quantidade de sementes, favorecendo o reflorestamento dessas áreas (SUAZO et al., 2013; GALLEGOS et al., 2014).

No contexto de impactos ambientais, a construção de barragens é um exemplo, tanto no momento da construção quanto após o funcionamento, alterando as características físicas e biológicas, o ciclo natural do fluxo de água, além de causar a fragmentação de rios. No Brasil, o sistema de barragens hidrelétricas é bastante usado por ser uma fonte de geração de energia barata e eficiente, e ainda apresentam um controle contra enchentes e oportunidades para recreação (BEDNAREK, 2001).

A bacia do Rio São Francisco apresenta utilizações como geração de energia elétrica, irrigação, abastecimento urbano e industrial, navegação, pesca profissional e esportiva, extração de pedras preciosas e areia (RIO SÃO FRANCISCO, 2014). A bacia possui atualmente 35 barragens, sendo que as hidrelétricas de Sobradinho, Itaparica, Paulo Afonso, Xingó e Três Marias possuem os maiores os reservatórios (RIO SÃO FRANCISCO, 2014). Dentre as consideradas Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), que são aquelas hidrelétricas com potência de geração superior a 1.000 kw e igual ou inferior a 30.000 kw e que apresentam uma área do reservatório igual ou inferior a 3,0 km², a PCH Pandeiros se destaca, pelo fato de estar situada dentro de uma área de proteção ambiental, APA Pandeiros. Construída no ano de 1957, a Pequena Central Hidrelétrica teve seu funcionamento iniciado no ano de 1958 e desde

2008 a usina está sem atividade devido a um embargo sofrido no ano de 2007 (NUNES et al., 2009).

Sem produção energética, as usinas requerem gastos para a manutenção das estruturas. No Brasil, não há relatos de processos de descomissionamento de barragens, mas em outros países, como nos Estados Unidos, essa ação já ocorre desde 1963 (BEDNAREK, 2001). Segundo a American Association of State Highway and Transportation Officials (2005), o descomissionamento de barragens pode ocorrer por fatores distintos, tais como: (i) Ecológicos: quando a barragem foi removida para restaurar populações de peixes e fornecer passagem para os mesmos; recuperar habitats aquáticos; melhorar a qualidade da água; e para fornecer créditos de mitigação ambiental; (ii) Econômicos: quando a manutenção da barragem é muito cara; e está em estado de deterioração; a remoção for mais barata do que o reparo; a barragem não é mais utilizada; (iii) Recreação: quando a barragem foi removida para aumentar as oportunidades de lazer; (iv) Segurança: quando a barragem foi considerada insegura; e, (v) Irregularidade: quando a barragem foi construída sem as licenças necessárias ou foi abandonada.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a taxa de remoção de sementes por formigas no entorno de um reservatório hidrelétrico a fim de auxiliar na formulação de um plano de recuperação das áreas do reservatório após a eventual retirada da barragem. Levamos em consideração os seguintes objetivos específicos: i) Avaliar a remoção de sementes artificiais por formigas nas áreas de cerrado, mata seca e em áreas antropizadas que ocorrem no entorno do rio Pandeiros; ii) Avaliar a influência das variáveis ambientais na taxa de remoção de sementes por formigas e se estas se alteram nas diferentes áreas; iii) Avaliar a riqueza de espécies de formigas removedoras de sementes que ocorrem nas diferentes áreas estudadas; iv) Avaliar a influência de variáveis ambientais na riqueza de espécies de formigas; v) Avaliar a composição das

espécies de formigas removedoras de sementes nas áreas estudadas; vi) Avaliar se as variáveis ambientais influenciam a riqueza e composição de formigas removedoras e, vii) Avaliar a existência de espécies indicadoras.

Para isso testamos as seguintes hipóteses: i) A taxa de remoção de sementes por formigas será menor nas áreas antropizadas do que nas fisionomias de cerrado e mata seca; ii) As variáveis ambientais ocorrem em diferentes níveis nas áreas estudadas, onde quanto maior disponibilidade de recursos e variedade de condições, maior será a taxa de remoção de sementes por formigas; iii) A riqueza de espécies removedoras será maior nas áreas de cerrado, seguida por mata seca e áreas antropizadas; iv) A composição de formigas removedoras de sementes será semelhante no cerrado e mata seca, diferentemente das áreas antropizadas; v) As variáveis ambientais ocorrem em diferentes níveis nas áreas estudadas, onde quanto maior disponibilidade de recursos e variedade de condições, maior a riqueza de espécies de formigas; vi) Existem variáveis ambientais que influenciam a mudança na composição de formigas removedoras entre as áreas estudadas e estas apresentam diferenças, e que vii) Existem espécies de formigas que podem ser utilizadas como indicadoras das diferentes áreas estudadas.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

A área de proteção ambiental (APA Pandeiros) (Lei 11.901 de 01/09/1995) é uma região com 393.060 ha, sendo a maior unidade de conservação de uso sustentável no estado de Minas Gerais (NUNES et al., 2009). Está situada nos municípios de Januária, Cônego Marinho e Bonito de Minas no Norte do estado de Minas Gerais (Figura 1). A área é banhada pelo rio Pandeiros, um afluente do rio São Francisco que apresenta uma área de 631.133 Km² o que perfaz um total de 7,4 % do território nacional, sendo que sua nascente encontra-se na Serra da Canastra, no Sul do estado de Minas Gerais, a bacia drena cerca de 40% do território mineiro (DRUMMOND et al., 2005). O clima da região é semiárido, com variação de temperatura entre 9° e 45°C nos períodos frios e quentes, respectivamente.

A vegetação da área apresenta várias fitofisionomias, sendo uma área de transição entre Cerrado e Caatinga, que forma também as matas de galeria, mata seca e veredas (NUNES et al., 2009). A região apresenta uma área de refúgio de vida silvestre (REVISE), caracterizada por ser uma planície de inundação denominada pantanal mineiro e que conta com a presença de várias lagoas temporárias.

A flora da região é bastante estudada (BAHIA et al., 2009; SALES et al., 2009; MENINO et al., 2012; AZEVEDO et al., 2014; VELOSO et al., 2014), entretanto, pouca atenção tem sido dada para a fauna local.



Figura 1 Localização da APA do Rio Pandeiros no Estado de Minas Gerais, Brasil. Destaque em verde no mapa refere-se à área da APA, no Norte do estado.

A APA ainda apresenta uma particularidade, contendo em suas mediações uma Pequena Central Hidrelétrica da Companhia Energética de Minas Gerais (PCH/CEMIG)-PCH Pandeiros. A geração de energia teve início em 1958 com três unidades geradoras e uma barragem de 180 m de largura e 10,30 m de altura apresentando um reservatório com área de 280 hectares e uma casa de força localizada a aproximadamente 400 metros a jusante da barragem. Sua desativação ocorreu em Janeiro de 2008, através de um embargo devido ao desastre ambiental ocorrido em outubro de 2007, no qual constataram que a eliminação de sedimentos do reservatório denominado “descarga do fundo” provocou uma diminuição na oxigenação da água abaixo da barragem, provocando a morte de aproximadamente 29 toneladas de peixes em época de desova.

2.2 Desenho amostral

As coletas foram realizadas na estação seca em julho de 2014, em uma área de transição Cerrado/Caatinga, nas fisionomias de Cerrado Sensu Stricto, Floresta Estacional Decidual (Mata Seca) e áreas antropizadas. Estas últimas foram assim denominadas por apresentarem uma área descampada com pouca ou nenhuma vegetação rasteira e sub-bosque, a qual os turistas utilizam como área para camping. As áreas de amostragem encontram-se localizadas próximas às margens do rio, sendo que o primeiro ponto amostral localizava-se a 30 m da margem do rio. As coletas foram realizadas ao redor do reservatório da PCH Pandeiros, na área da influência da barragem até 4,12 km a jusante do reservatório, perfazendo um esforço amostral de 12 áreas, quatro áreas de cada.

Em cada área nós demarcamos um transecto perpendicular à margem do rio com 10 pontos amostrais, equidistantes 20 m entre si. Em cada ponto, colocamos 10 sementes artificiais, as quais consistiram de miçangas de plástico de 0,03 g e 2 mm de diâmetro representando uma semente. Em cada ponto colocamos miçangas com uma coloração diferente, de forma que no caso de remoção de um ponto ao outro era possível identificar de qual ponto a semente era removida (RABELLO et al., 2015). A parte atrativa para as formigas (elaiossomo) era composta por uma mistura homogênea de 75% de gordura vegetal hidrogenada, 4,8% de frutose, 0,5% de sacarose, 4,7% de glicose, 7% de caseína, 3% de carbonato de cálcio e 5% de maltodextrina (RAIMUNDO et al., 2004). O preparo dessa mistura foi realizado no laboratório de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Lavras.

As sementes artificiais foram dispostas às 08 horas da manhã e observadas por 10 minutos em cada ponto, e cada ponto foi observado por três vezes. Para evitar que a semente artificial fosse carregada por outros animais maiores utilizamos gaiolas metálicas com malha de 1,5 cm o que permitiu o

acesso e transporte das sementes artificiais por formigas. As sementes artificiais que não foram removidas durante as observações permaneceram em campo e 24 horas depois foram contabilizadas.

As formigas que foram observadas removendo as sementes artificiais levando a mesma 30 cm para fora da gaiola foram coletadas e armazenadas individualmente em microtubos contendo álcool 90%. As mesmas foram levadas ao Laboratório de Ecologia de Formigas da Universidade Federal de Lavras, onde foram triadas e identificadas ao nível de gênero segundo Fernández (2003) e morfoespeciadas quando possível com base na coleção entomológica de formigas do Laboratório de Ecologia de Formigas - UFLA.

2.3 Variáveis ambientais

Em cada um dos 10 pontos amostrais, nós coletamos as variáveis ambientais que foram utilizadas como estimativas de recursos e condições para as formigas (QUEIROZ et al., 2013). As variáveis ambientais explicativas relacionadas aos recursos foram: compactação do solo, heterogeneidade e peso seco de serapilheira; e as variáveis ambientais relacionadas às condições ambientais para as formigas eram: cobertura do solo por herbáceas e cobertura de dossel.

Para mensurarmos o peso seco e a diversidade de conteúdos da serapilheira, nós coletamos uma amostra no interior de um quadrado de 25cm² de serapilheira. Essas amostras foram colocadas em sacos de papel e levadas ao laboratório, onde avaliamos a sua heterogeneidade separando diferentes tipos de folhas, frutos, sementes, flores, troncos e galhos, planilhamos a quantidade de cada item diferente contida em cada amostra, onde os diferentes tipos de conteúdo da serapilheira ficaram nas colunas e as diferentes áreas coletadas nas linhas. Fizemos um índice de similaridade de Simpson no software R.

Posteriormente, colocamos as amostras em estufa por 96 horas a uma temperatura de 100°C para estabilização do peso. Após isso, pesamos o material em balança de precisão a fim de obtermos o peso seco. Segundo Dias et al., (2012) essa variável é importante para formigas epigéicas, uma vez que esse ambiente funciona como depósito de sementes utilizadas na dieta de formigas removedoras de sementes. Além disso, por ser um sítio de nidificação, sua quantidade e variedade contribuem para presença e abundância de várias espécies.

Para calcular a porcentagem da cobertura vegetal de dossel obtivemos, em cada ponto amostrado, fotografias hemisféricas capturadas com câmera digital com lente do tipo olho de peixe. Tiramos as fotografias a 1,5 m de altura e analisamos as fotos no software Gap Light Analyser®. Essa medida foi usada para avaliar as condições microclimáticas, considerando que essa variável exerce forte influência sobre a umidade e temperatura, sendo esses os principais fatores que regulam a diversidade e abundância de formigas (ANDERSEN, 2000).

Nós contabilizamos a porcentagem de cobertura de solo por herbáceas (presença de gramíneas e plântulas de caule maleável) através da média de três lançamentos de um quadrante de 0,25 m² ao redor do ponto amostral. A partir do qual estimamos de maneira visual o quanto essa vegetação preenchia do quadrante.

Para mensurarmos o grau de compactação do solo, utilizamos a média obtida através de um penetrômetro, no qual aferimos três medidas em formato de triângulo ao redor do ponto amostral no qual as sementes foram dispostas. Tal variável se mostra importante, uma vez que solos mais compactados apresentam menor riqueza de formigas (SCHMIDT et al., 2013).

2.4 Análises estatísticas

Para todas as análises consideramos cada uma das 12 áreas amostradas (contendo dez subamostras) como um ponto amostral, sendo quatro áreas de cerrado, quatro de mata seca e quatro áreas antropizadas.

Para avaliar se as variáveis ambientais influenciaram a taxa de remoção de sementes e a riqueza de espécies de formigas entre as áreas, primeiro fizemos uma análise de variância (ANOVA) das variáveis mensuradas comparando cada área estudada. Para tanto, utilizamos a média de cada variável dos 10 pontos amostrais de cada área coletada e, em seguida, as variáveis que apresentaram diferença entre as áreas foram submetidas a uma análise de correlação. A análise de correlação foi realizada para que pudéssemos excluir as variáveis que possuísem as maiores correlações. Para a construção dos modelos admitimos apenas as variáveis que possuíam uma correlação baixa considerando os valores positivos menores que 0,7 ou valores negativos acima de -0,7.

2.4.1 Taxa de remoção de sementes

Consideramos como taxa de remoção, a porcentagem acumulada das sementes artificiais removidas de cada área, à qual somamos as sementes levadas pelas formigas em cada um dos dez pontos e dividimos pelo número de pontos amostrais.

Para avaliar se houve diferença na taxa de remoção de sementes em relação às três diferentes áreas amostradas fizemos um modelo linear generalizado (GLM) utilizando a distribuição de erros do tipo quasibinomial por se tratar de dados de porcentagem (LOGAN, 2010).

Para avaliar o efeito das variáveis ambientais na taxa de remoção de sementes por formigas, construímos dois modelos, sendo um com as variáveis

ambientais explicativas relacionadas aos recursos (compactação do solo, heterogeneidade e peso seco de serapilheira) e outro com as variáveis ambientais relacionadas às condições ambientais (cobertura do solo por herbáceas e cobertura de dossel).

No primeiro modelo as variáveis explicativas foram a heterogeneidade da serapilheira e compactação do solo (que foram as variáveis que tiveram baixa correlação entre si). No segundo modelo, usamos como variável explicativa a porcentagem de cobertura do solo por herbáceas, uma vez que essa foi a única variável que apresentou diferença entre as áreas amostradas. Nesses modelos, utilizamos a distribuição de erros do tipo quasibinomial. As análises foram realizadas no software R (R Development Core Team 2014).

2.4.2 Riqueza de espécies removedoras

Consideramos como riqueza de espécies o número acumulado de espécies de formigas removedoras de sementes de cada área através da soma de formigas coletadas em cada ponto amostral.

Para avaliar a riqueza de espécies removedoras de sementes fizemos um GLM onde a variável resposta foi a riqueza de espécies removedoras e as variáveis explicativas foram as três diferentes áreas estudadas, utilizando distribuição de erros do tipo quasipoisson. Essas análises foram realizadas no software R (R Development Core Team 2014).

Para avaliar se as variáveis ambientais influenciaram na riqueza de espécies removedoras entre as áreas, utilizamos as variáveis que se diferiram entre áreas significativamente mencionadas no subitem anterior e criamos dois modelos similares aos supracitados diferindo desses apenas pelo fato de que a variável resposta foi a riqueza de formigas removedoras. Essas análises foram realizadas no software R (R Development Core Team 2014).

2.4.3 Composição de espécies de formigas removedoras

Para avaliar as diferenças da composição de espécies removedoras de sementes entre as áreas estudadas fizemos análises multivariadas com o uso de planilhas de presença/ausência, nas quais geramos visualizações gráficas a partir do NMDS (*Non-metric multidimensional scaling*). Para verificar a significância dos dados visualizados no NMDS, fizemos uma análise de similaridade (ANOSIM).

Para avaliar se as variáveis ambientais influenciam a composição de espécies de formigas fizemos a distância para o modelo linear (DISTLM) com 999 permutações, usando o valor de R^2 ajustado e o índice de similaridade de Jaccard adequado para dados de presença ou ausência utilizando o software Primer v.6 (CLARK e GORLEY, 2006).

2.4.4 Espécies indicadoras

A fim de obtermos as espécies indicadoras dos ambientes, foi realizada uma análise de Valor de Indicação (IndVal) que nos fornece quais espécies são indicadoras do ambiente, onde espécies que apresentam valores entre 45 e 70% são consideradas detectoras e aquelas que apresentam valores acima de 70% são consideradas indicadoras (VERDÚ et al., 2011). Para tal, utilizamos o software PCord 5.10 (McCune; Mefford, 1999).

3 RESULTADOS

Coletamos um total de 25 espécies de formigas removedoras de sementes pertencentes a três subfamílias e oito gêneros (Tabela 1).

Tabela 1 Subfamílias e espécies de formigas removedoras de sementes coletadas em quatro áreas de cerrado, quatro florestas estacionais decíduais (mata seca) e quatro áreas antropizadas da APA Pandeiros. Os valores em cada área representam as frequências que cada espécie foi coletada.

Subfamílias	Espécies	Tipo de Ambientes		
		Cerrado/	Mata Seca/	Antropizado
	<i>Blepharidatta</i> sp.	2		
	<i>Pheidole</i> sp.1	1		
	<i>Pheidole</i> sp.2			1
	<i>Pheidole</i> sp.3		2	1
	<i>Pheidole</i> sp.4	1		2
	<i>Pheidole</i> sp.6	2		
	<i>Pheidole</i> sp.7	1		
	<i>Pheidole</i> sp.8	1		
Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp.9		1	
	<i>Pheidole</i> sp.10			1
	<i>Pheidole</i> sp.11			1
	<i>Pheidole</i> sp.12			2
	<i>Pheidole</i> sp.13		2	
	<i>Solenopsis</i> sp.1		1	
	<i>Solenopsis</i> sp.2			1
	<i>Solenopsis</i> sp.3		1	
	<i>Trachymyrmex</i> sp.	1		
	<i>Wasmannia</i> sp.	1		
Dolichoderinae	<i>Dorymyrmex</i> sp.1		1	
	<i>Dorymyrmex</i> sp.2			1
	<i>Dorymyrmex</i> sp.3			3
	<i>Linepithema</i> sp.			1
Ectatominae	<i>Ectatomma</i> sp.1	1		
	<i>Ectatomma</i> sp.2		1	
	<i>Ectatomma</i> sp.3	1		

As variáveis ambientais que diferiram entre as áreas coletadas foram a compactação do solo ($F=5,5114;p=0,027$), a heterogeneidade de serapilheira ($F=6,5095; p=0,017$) e a cobertura do solo por herbáceas ($F=10,328;p=0,004$)

(Figura 2). Entretanto, não encontramos diferenças entre as áreas quando avaliamos as variáveis peso seco de serapilheira ($F=3,843$; $p=0,062$) e cobertura de dossel ($F=0,0088$; $p=0,991$).

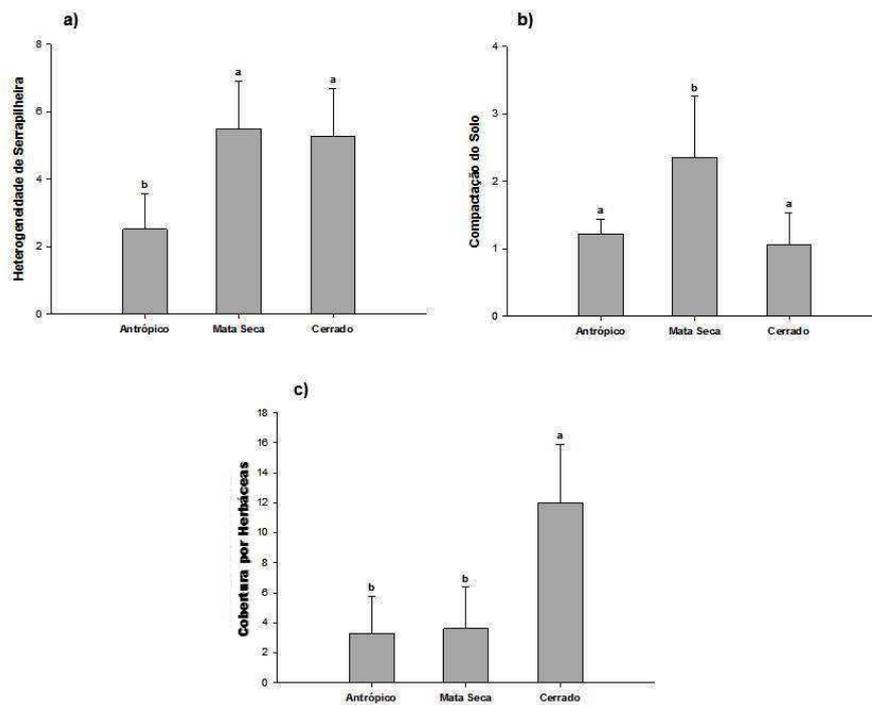


Figura 2 Variáveis ambientais coletadas em diferentes habitats na APA Pandeiros no norte do estado de Minas Gerais – Brasil. Letras diferentes em cima das barras verticais (desvio padrão) indicam diferença significativa entre as áreas. A) Heterogeneidade de serapilheira, B) Compactação do solo e C) Cobertura do solo por herbáceas.

Para a análise de correlação, vimos que existe uma relação entre todas as variáveis. Compactação do solo e porcentagem de cobertura do solo por herbáceas se correlacionam negativamente ($-0,280$), assim como porcentagem de cobertura do solo por herbáceas e heterogeneidade de serapilheira ($-0,014$). Já a

heterogeneidade de serapilheira e a compactação do solo se relacionam de forma positiva (0,036).

3.1 Taxa de remoção de sementes

Não encontramos diferenças significativas na taxa de remoção de sementes entre as áreas amostradas ($F=3,573$; $p=0,072$). Também não observamos uma relação significativa entre heterogeneidade de serapilheira ($F=0,922$; $p=0,353$) e compactação do solo ($F=0,461$; $p=0,512$) com a taxa de remoção de sementes por formigas. No entanto, a porcentagem de cobertura do solo por plantas herbáceas relacionou-se positivamente ($F=9.450$; $p=0,017$) à taxa de remoção de sementes (Figura 3).

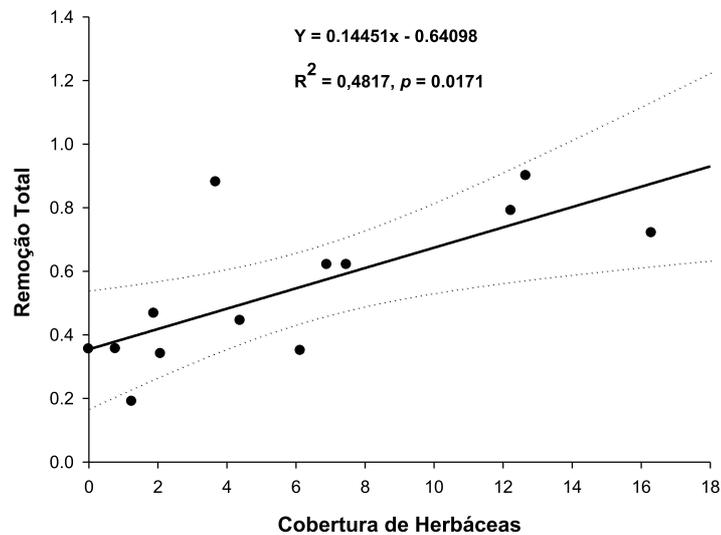


Figura 3 Influência da variável ambiental cobertura do solo por plantas herbáceas na taxa de remoção de sementes por formigas nas áreas de cerrado, mata seca e antropizadas localizadas no entorno do rio Pandeiros na área de proteção ambiental de Pandeiros-MG, Brasil. As linhas pontilhadas se referem ao intervalo de confiança.

3.2 Riqueza de espécies removedoras

A riqueza de espécies de formigas removedoras de sementes não diferiu entre as áreas de cerrado, mata seca e áreas antropizadas ($F=0,36$ $p=0,707$). Nós não encontramos também uma relação de qualquer uma das variáveis ambientais analisadas, heterogeneidade de serapilheira ($p=0,103$), compactação do solo ($p=0,931$) e porcentagem de cobertura do solo por herbácea ($p=0,561$) na riqueza de espécies de formigas.

3.3 Composição de espécies de formigas removedoras

No Resultado global, encontramos diferença na composição de espécies de formigas removedoras entre as áreas estudadas ($p=0,023$; $R=0,183$). A análise de similaridade par a par, porém, mostrou que áreas antropizadas e mata seca ($p=0,08$; $R=0,286$), áreas antropizadas e cerrado ($p=0,086$; $R=0,177$) e mata seca e cerrado ($p=0,429$; $R=0,083$) não diferem entre si. (Figura 4)

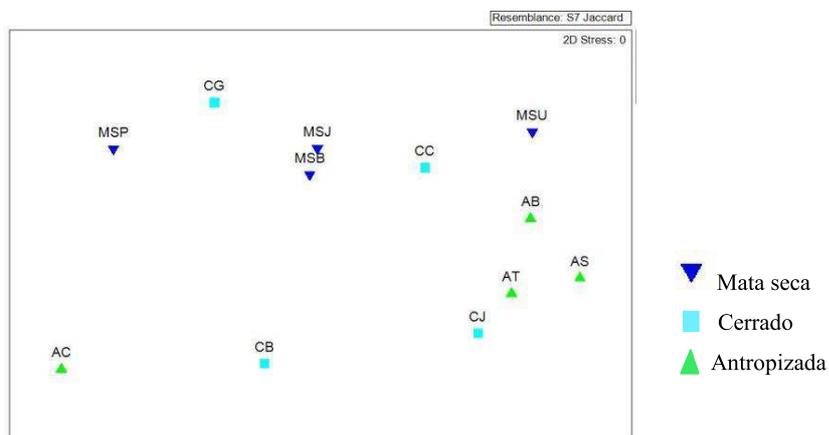


Figura 4 Composição de espécies de formigas removedoras de sementes em áreas de cerrado, mata seca e antropizadas na APA Pandeiros no norte do Estado de Minas Gerais-Brasil.

As análises de interferência das variáveis ambientais na composição mostraram que somente a heterogeneidade de serapilheira modifica a composição de formigas removedoras ($p=0,041$; proporção explicada da variação 12%). Entretanto, cobertura de dossel ($p=0,767$; proporção explicada da variação 7%), peso seco da serapilheira ($p=0,612$; proporção explicada da variação 8%), compactação do solo ($p=0,088$; proporção explicada da variação 10%) e porcentagem de cobertura do solo por herbáceas ($p=0,342$; proporção explicada da variação 9%) não influenciaram na composição.

3.4 Espécies indicadoras

Nós encontramos somente a espécie *Dorymyrmex* sp.3 com valor de indicação de 75% de indicação para as áreas antropizadas.

4 DISCUSSÃO

As espécies mais abundantes foram as do gênero *Pheidole* corroborando com outros estudos que também avaliaram a taxa de remoção de sementes (PIZO e OLIVEIRA 2001; RABELLO et al.,2013; BIEBER et al., 2014). Peternelli e colaboradores (2004) relataram que quando os soldados de *Pheidole* estavam forrageando não havia presença de outras espécies devido a sua agressividade, caracterizando-as como espécies dominantes de recurso.

As variáveis ambientais heterogeneidade de serapilheira, compactação do solo e cobertura do solo por herbáceas mostram diferença entre as áreas. A heterogeneidade de serapilheira foi maior nas áreas de cerrado e mata seca, o que atribuímos ao fato de observarmos uma maior riqueza de espécies vegetais arbóreas contribuindo para a sua maior diversificação, ao passo que a ausência de vegetação nas áreas antropizadas ocasionou uma baixa heterogeneidade.

Os resultados de compactação do solo podem estar relacionados ao fato de que as áreas de mata seca estão situadas em formação rochosa, enquanto as áreas de cerrado e antropizadas, possuem solos menos densos por estarem localizadas próximas ao leito do rio. Já a cobertura do solo por herbáceas se mostrou maior nas áreas de cerrado, pois nessa fisionomia ocorre presença de um sub-bosque, o que se justifica pelo fato de que nessas áreas há um maior recrutamento de herbáceas (CASTRO e KAUFFMAN, 1998; RAVEN et al., 2007). Na mata seca, a presença de plantas herbáceas não foi observada, dado que as coletas foram na estação seca e havia uma grande deposição de material orgânico impossibilitando o aparecimento dessas plântulas, e hipotetizando haver uma menor incidência luminosa para germinação de espécies pioneiras. E nas áreas antropizadas devido à ausência de vegetação e presença de construções como casas, bares e restaurantes conforme observado durante as coletas.

O peso seco da serapilheira e cobertura de dossel não diferiram, por se tratar de áreas presentes em um mosaico que compartilham espécies de plantas. Tornando as características de dossel similares entre si, em contra partida as áreas antropizadas em algum dos pontos amostrais apresentavam algum tipo de vegetação.

De acordo com nossos resultados, a taxa de remoção de sementes por formigas e riqueza de espécies removedoras não foram sensíveis às diferenças existentes nos três habitats estudados (cerrado, mata seca e áreas antropizadas). Esse fato pode estar ligado à influência da sazonalidade sobre as espécies de formigas presentes, uma vez que as coletas foram realizadas na estação seca. Assim, acreditamos que as características ambientais e a pouca disponibilidade de recursos presentes na época das coletas possam ter afetado algumas espécies intolerantes a mudanças desses fatores (COELHO e RIBEIRO, 2006), fazendo com que somente as espécies mais resistentes e de hábitos generalistas estivessem presentes nas áreas.

Esse resultado pode estar relacionado também às alterações nas áreas de florestas estacionais decíduais que perdem as folhas das árvores e conseqüentemente não produzem sementes, o que pode ter provocado uma diminuição no grupo funcional de espécies removedoras. Dessa forma, pode ter havido mudanças na disponibilidade de recursos, o que pode ter afetado o estabelecimento de ninhos e a distribuição das formigas. Além disso, a área estudada é uma transição entre cerrado/caatinga que se apresenta em forma de mosaico, desse modo há o compartilhamento de espécies arbóreas entre as diferentes fisionomias (BAHIA et al., 2009).

Nesse contexto, pode ter ocorrido também o compartilhamento de espécies de formigas removedoras de sementes, bem como das espécies arbóreas. Logo, as áreas antropizadas amostradas são caracterizadas por estarem

inseridas no mosaico vegetacional, o que possibilita que as formigas presentes nas áreas de entorno também forrageiem nesses locais.

Das variáveis ambientais mensuradas, apenas a porcentagem de cobertura do solo por herbáceas influenciou a taxa de remoção de sementes, sendo uma variável importante para criar condições microclimáticas. Dessa forma, com o aumento da cobertura de herbáceas há o favorecimento de sítios de nidificação e forrageio para as formigas removedoras de sementes. O evento de as variáveis ambientais não diferirem entre as áreas pode estar influenciando para que a composição de espécies de formigas se mantenha similar.

O fato de a remoção de sementes ter sido mais eficaz em ambientes que possuem uma maior cobertura de herbáceas não garantiu que esse padrão fosse estabelecido para as áreas de cerrado. Fatores como o compartilhamento de espécies arbóreas entre as áreas e a presença de espécies generalistas encontradas em todos os ambientes, principalmente as do gênero *Pheidole* podem ter influenciado esse resultado.

Encontramos diferença na composição de espécies de formigas entre as áreas amostradas. As quatro áreas antropizadas apresentaram uma composição bem semelhante entre si, ou seja, amostrando em uma dessas áreas já amostramos o padrão de espécies presente nas outras, exceto uma das áreas apresentou esse padrão, e isso pode se dar pelo fato de nenhuma espécie de formiga ter sido coletada nessa área durante os períodos de observações. Esse resultado pode ser justificado também pelo fato de as espécies encontradas nas áreas antropizadas serem de hábitos mais generalistas, acostumadas com “pressões ambientais” e possuírem uma área de forrageamento extensa, permitindo seu deslocamento entre as áreas. As áreas de cerrado por sua vez apresentaram uma composição de espécies bem distintas entre si. Isso pode ter ocorrido pelo fato de que cada área apresenta características particulares, tal

como o tipo de solo e a proximidade com áreas antrópicas que podem ter favorecido a permanência de determinados grupos de espécies.

A heterogeneidade de serapilheira foi a única variável que apresentou influência na mudança na composição de espécies. Isso pode ser explicado porque quanto mais diversificada a serapilheira, mais distintos são os microhabitats e os recursos e condições que esses oferecem, podendo abrigar diferentes espécies de formigas que nidificam e forrageiam em diversos sítios como: troncos de árvores apodrecidos, pequenos galhos e frutos (KASPARI, 2000; CARVALHO e VASCONCELOS, 2002).

Em relação à espécie de formiga indicadora, as formigas do gênero *Dorymyrmex* são formigas de solo características por serem abundantes em climas quentes e ambientes abertos (WIDE, 2015), assim ambientes perturbados conferem a elas condições para prosperarem. Nossos dados corroboram com os achados de Costa et al., (2010) que também relataram a presença desse gênero em locais arenosos com impactos ambientais. Além desses, outros trabalhos relataram que espécies como *Dorymyrmex pyramicus* estão relacionadas com áreas de cerrado ralo preferindo áreas abertas e degradadas com solos expostos ou com pouca cobertura por gramíneas (BRANDÃO et al., 2011; PACHECO e VASCONCELOS, 2012). Graham (2009) relatou que o aumento no dossel tem efeito negativo sobre as *Dorymyrmex*, que estão relacionadas a ambientes com diversos graus de degradação.

Com nossos resultados, podemos concluir que por se tratar de um mosaico vegetacional, as influências nas áreas antropizadas podem afetar também as áreas de cerrado e mata seca. Andersen e Morrison (1998) relataram que distúrbios de origem antrópica têm grande alcance e um efeito negativo sobre o processo de dispersão de sementes. Sugerimos que áreas de cerrado e mata seca devem ser priorizadas para a conservação, pois são áreas com potencial de produção de sementes que podem ser removidas por formigas, garantindo assim

um auxílio no processo de regeneração natural e manutenção da área do reservatório no caso de um possível descomissionamento. As plantas herbáceas também se mostraram importantes, uma vez que há uma relação positiva com a taxa de remoção de sementes, e isso também auxiliaria na recuperação autônoma do ambiente. Além disso, para prever o impacto causado pela retirada da barragem, é importante monitorar essas áreas também na estação chuvosa, período em que geralmente ocorre maior atividade das formigas, além de ser o período de frutificação de diversas espécies de árvores, dessa forma acreditamos que podem ser coletadas mais espécies de formigas incluindo aquelas especialistas, garantido uma melhor estratégia de recuperação.

Agradecimentos

Agradecemos a Ananza Rabello pela ajuda nas coletas, a Daniela Braga pelas identificações, ao Antônio Queiroz, Chaim Lasmar e Elisangela Silva pelas leituras prévias desse manuscrito, aos proprietários das áreas coletadas, bem como ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Ecologia Aplicada da Universidade Federal de Lavras, ao CNPq, CAPES, FAPEMIG e CEMIG pelo financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E.; SCHULTZ, T.R. ED. (2000) *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington: Smithsonian Institution Press, p. 280.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. (2005) *A Summary of Existing Research on Low-Head Dam Removal Projects*. Cap.8. Prepared by ICF Consulting, 33 Hayden Ave., Lexington, MA. p.83-91.

ANDERSEN, A.N. (2000) A global ecology of rainforest ants: functional groups in relation to environmental stress and disturbance. In: Agosti, D., Majer, J.D., Alonso, L.E.A., Schultz, T.R. (Eds.), **Ants: Standard Methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institution Press, Washington.

ANDERSEN, A.N.; MORRISON, S.C.(1998) Myrmecochory in Australia's seasonal tropics: Effects of disturbance on distance dispersal. **Australian Journal of Ecology**. p. 483-491.

AZEVEDO, I. F. P.; NUNES, Y. R. F; ÁVILA, M. A.; SILVA, D. L.; FERNANDES, G. W.; VELOSO, R. B.(2014) Phenology of riparian tree species in a transitional region in southeastern Brazil **Brazilian Journal of Botany** Volume 37, Issue 1, p. 47-59.

BAHIA, T.O. et al., (2009) Veredas na APA Pandeiros: Importância, impactos ambientais e perspectivas. **MG Biota**, Belo Horizonte.v.2, n.3 p.4-13.

BEDNAREK, A.T. (2001) Undamming Rivers: A Review of the Ecological Impacts of Dam Removal. **Environmental Management**. New York. vol. 27, p.803–814.

BIEBER, A.G.D.; SILVA, D.S.P.; SENDOYA, S.F; OLIVEIRA, P.S. (2014) Assessing the Impact of Deforestation of the Atlantic Rainforest on Ant-Fruit Interactions: A Field Experiment Using Synthetic Fruits. **Plos one** v. 9.p.1-9

BIEBER, A.G.D.; SILVA, D.S.P.; OLIVEIRA, P.S. (2013) Attractiveness of fallen fleshy fruits to ants depends on previous handling by frugivores. **Ecoscience** 20 (1). p.85-89.

BRANDÃO, C.R.F., SILVA, R.R. & FEITOSA, R.M. (2011) Cerrado ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) as indicators of edge effects. **Zoologia**, 28 (3): p.379–387.

CARVALHO, K.C. E VASCONCELOS, H.L.(2002) Comunidade de formigas que nidificam em pequenos galhos da serrapilheira em floresta da Amazônia Central, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**. p.115-121.

CASTRO, E.A. & KAUFFMAN, J.B. (1998) Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**. 14 p. 263-284.

CHRISTIANINI, A. & OLIVEIRA, P.S. (2009) The relevance of ants as seed rescuers of a primarily bird-dispersed tree in the Neotropical Savanna. **Oecologia** 160: 735-745.

CICCARELLI, D. et al., (2005) Structure and development of the elaiosome in *Myrtus communis* L. (Myrtaceae) seeds. Elsevier **Flora Italy**. p.326-331.

CLARKE, K.R.; GORLEY, R.N. (2006) Primer v6: user manual/tutorial. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory.

COELHO, I.R., RIBEIRO, S.P. (2006) Environment heterogeneity and seasonal effects in ground-dwelling ant (Hymenoptera: Formicidae) assemblages in the Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brazil. **Neotropical Entomol** 35:p.19–29.

COSTA, B.C.; RIBEIRO, P. S.; CASTRO, A.T.B. (2010) Ants as bioindicators of natural succession in savanna and riparian vegetation impacted by dredging in the Jequitinhonha river basin, Brazil. **Restoration Ecology**, p.148-157.

DIAS, A. T.C.; BOZELLI, R. L.; DARIGO, R. M.; ESTEVES, F. A.; SANTOS, H. F.; FIGUEIREDO-BARROS, M. P.; NUNES, M. F. Q. S.; ROLAND, F.; ZAMITH, L. R.; SCARANO, F. R. (2012) Rehabilitation of a Bauxite Tailing Substrate in Central Amazonia: The Effect of Litter and Seed Addition on Flood-Prone Forest Restoration. **Restoration Ecology**, 20: p.483-489.

DRUMMOND, G.M. (2005) Biodiversidade em Minas Gerais: Um atlas para sua conservação. **Fundação Biodiversitas** Belo Horizonte.

FERNÁNDEZ F. (2003) Introducción a las Hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia.

GALLEGOS, S.C.; HENSEN, I.; SCHLEUNING, M. (2014) Secondary dispersal by ants promotes Forest regeneration after deforestation. **Journal of Ecology**, p.659-666.

GILADI, I. (2006). Choosing benefits or partners: a review of the evidence for the evolution of myrmecochory. **Oikos**, v. 112, p. 481-492.

GÓMEZ, C.; ESPADALER, X. & BAS, J.M. (2005) Ant behavior and seed morphology: a missing link of myrmecochory. **Oecologia** 146: 244-246.

GRAHAM, J.H.; KRZYSIK, A.J.; KOVACIC, D.A.; DUDA, J.J.; FREEMAN, D.C.; EMLÉN, J.M.; ZAK, J.C.; LONG, W.R.; WALLACE, M.P.; CHAMBERLIN-GRAHAM, C.; NUTTER, J.P.; BALBACH, H.E. (2009) Species richness, equitability, and abundance of ants in disturbed landscapes. **Ecological Indicator**, 9, p.866-877.

GUARIGUATA, M.R.; ADAME, J.J.R. & FINEGAN, B. (2000) Seed removal and fate in two selectively logged lowland forests with contra Sting protection levels. **Conservation Biology** 14 p.1046-1054.

KALIF, K.A.B.; MOUTINHO, P.; AZEVEDO-RAMOS, C. & MALCHER, S.A. O. (2002) Formigas em florestas alteradas. **Ciência e Cultura** 32: p.70-82.

KASPARI, M. (2000) A Primer on Ant Ecology. **Ants**. Capitulo 2 p.9-24.

LOGAN, M. (2010) **Biostatistical Design and Analysis Using R A Practical Guide** capitulo 17 p.483-498.

MCGEOCH, M.A. (1998) The Selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. **Biol Ver.**, Pretoria South Africa, p.181-201.

MCCUNE, B. & MEFFORD, M. J. (1999) **PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, version 4.10**. Gleneden Beach: MjM Software Design.

MENINO, G.C.O; NUNES, Y.R.F; SANTOS, R.M; FERNANDES, G.W AND FERNANDES, L. A.(2012) Environmental heterogeneity and natural regeneration in riparian vegetations of the Brazilian semi-arid region. **Edinburgh Journal of botany** 69(1):p.29-51.

NUNES, Y.R.F. et al., (2009). Pandeiros: O Pantanal Mineiro. **MG Biota**, Belo Horizonte, V. 2, n. 2, p.4-17.

OLIVEIRA, P.S.; GALETTI, M.; PEDRONI, F. & MORELLATO, L.P.C. (1995). Seed cleaning by *Mycocepurus goeldii* ants (Attini) facilitates germination in *Hymenaea courbaril* (Caesalpinaceae). **Biotropica** 27: p.518-522.

PACHECO, R. & VASCONCELOS, H. L. (2012) Habitat diversity enhances ant diversity in a naturally heterogeneous Brazilian landscape. **BiodiversConserv.** 21:p.797–809.

PASSOS, L. & OLIVEIRA, P.S. (2004) Interaction between ants and fruits of *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) in Brazilian sandy plain rainforest: ant effect on seeds and seedling. **Oecologia** 139: p.376 - 382.

PETERNELLI, E. F.O; CASTRO, T. M. D. L; MARTINS, S. V.(2004) Espécies de formigas que interagem com as sementes de *Mabea fistulifera* Mart. (Euphorbiaceae). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.5, p.733-738.

PHILPOTT, S.M.; PERFECTO I.; ARMBRECHT I. & PARR C.L. (2010) Ant Diversity and Function in Disturbed and Changing Habitats. In LACH,L.;PARR,C. L.;ABBOT, K. L.(eds) **Ant Ecology** Oxford: Oxford, p.429.

PIZO, M.A. & OLIVEIRA, P.S. (2001) Size and lipid content of non myrmecochorous diaspores: effects on the interaction with litter-foraging ants in the Atlantic rain forest of Brazil. **Plant Ecology** 157:p.37–52.

PIZO, M.A. & OLIVEIRA, P.S. (1998) Interactions between ants and seeds of a Non myrmecochorous Neotropical tree, *Cabralea canjerana* (Meliaceae), in the Atlantic Forest of Southeast Brazil. **American Journal of Botany** 85:p.669-674.

QUEIROZ, A.C.M.; RIBAS, C.R.; FRANÇA, F.M. (2013) Microhabitat Characteristics that Regulate Ant Richness Patterns: The Importance of Leaf Litter for Epigeaic Ants. **Sociobiology**. 60 p.367-373.

R CORE TEAM (2014). R: A language an denvironment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

RABELLO, A.M. LASMAR, C.; QUEIROZ, A.C.M; CUISSI, R.G; RIBAS, C.R. (2013). Seed Removal by Ants: Bioindication of Mining Impact-
dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras.

RABELLO, A.M; et al (2015) When is the best period to sample ants in tropical areas impacted by mining and in rehabilitation process? **International Journal for the Study of Social Arthropods**.

RAIMUNDO, R.L.G. et al., (2004) The Influence of fruit morphology and habitat structure on Ant-Seed Interactions: A study with Artificial fruits by **Sociobiology**. 44, p.1-10.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F AND EICHHORN, S.E. (2007) **Biologia Vegetal**. 7 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.830.

RIBAS, C.R.; CAMPOS, R.B.F.; SCHMIDT, F.A.; SOLAR, R.C.C. (2012) Ants as indicators in Brazil: A review with suggestions to improve the use of ants in environmental monitoring programs. **Psycle: A Journal of entomology**, Cambridge, v.2012, p.1-23.

RIO SÃO FRANCISCO Disponível em:
<http://www.sfrancisco.bio.br/riosfran.html> acesso em 04/05/2014.

SALES, H.R et al., (2009) Flora arbórea de uma Floresta Estacional Decidual na APA Estadual do Rio Pandeiros, Januária/MG **MG Biota**, Belo Horizonte, v.2, n3 p.31-41.

SCHMIDT, F. A.; RIBAS, C.R.; SCHOEREDER, J.H. (2013) How predictable is the response of ant assemblages to natural forest recovery? Implications for their use as bioindicators. **Ecological Indicators**, p.158-166.

SUAZO, A.A. et al., (2013) Seed removal patterns in burned and unburned desert habitats: Implications for ecological restoration. **Journal of Arid Environments**, v. 88, p.165-174.

VAN DER PIJL, L., (1982) Principles of Dispersal in Higher Plants. **Springer**, Berlin.

VELOSO, M. D. M. et al (2014) Floristic and Structural Variations of the Arboreal Community in Relation to Soil Properties in the Pandeiros River Riparian Forest, Minas Gera Is, Brazil. **Interciência** Vol. 39 Nº 9 p.628-636.

VERDÚ,J.R.; NUMA, C.; HERNÁNDEZ-CUBA, O. (2011) The influence of landscape structure on ants and dung beetles diversity in a Mediterranean savanna-forest ecosystem. **Ecological Indicators** v. 11, n. 3, p.831-839.

WILD, A. – Alex Wild (2015) Disponível em:
<http://www.alexanderwild.com/Ants/Taxonomic-List-of-Ant-Genera/Dorymyrmex/> acesso em 28/12/2014.