



GABRIEL BIAGIOTTI

**INTERAÇÕES ENTRE A COMUNIDADE DE
FORMIGAS E AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS
EM VOÇOROCA SOB REGIME DE
REGENERAÇÃO NATURAL**

LAVRAS - MG

2011

GABRIEL BIAGIOTTI

**INTERAÇÕES ENTRE A COMUNIDADE DE FORMIGAS E AS
VARIÁVEIS AMBIENTAIS EM VOÇOROCA SOB REGIME DE
REGENERAÇÃO NATURAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. José Aldo Alves Pereira

LAVRAS - MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Biagiotti, Gabriel.

Interações entre a comunidade de formigas e as variáveis ambientais em Voçoroca sob regime de regeneração natural / Gabriel Biagiotti. – Lavras : UFLA, 2011.

53 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: José Aldo Alves Pereira.

Bibliografia.

1. Áreas degradadas. 2. Bioindicadores. 3. Interação espécie-ambiente. 4. Recuperação ambiental. 5. Erosão. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 574.52642

GABRIEL BIAGIOTTI

**INTERAÇÕES ENTRE A COMUNIDADE DE FORMIGAS E AS
VARIÁVEIS AMBIENTAIS EM VOÇOROCA SOB REGIME DE
REGENERAÇÃO NATURAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 23 de Fevereiro de 2011.

Dr. Ronald Zanetti Bonetti Filho UFLA

Dra. Carla Rodrigues Ribas UFLA

Dr. José Aldo Alves Pereira

Orientador

LAVRAS - MG

2011

*Aos Familiares,
por sempre me incentivar a estudar
e a alcançar meus
objetivos por meio do
conhecimento.*

OFEREÇO

*a Deus, por estar sempre presente na minha vida,
se manifestando de diversas formas.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder o dom da vida.

Aos meus pais, José Roberto e Maria Aparecida, meus irmãos, Daniel e Arthur, minha namorada Andréa e aos demais familiares, pelo incentivo, confiança e amor em todos os momentos de minha caminhada.

À Universidade Federal de Lavras e aos Departamentos de Ciências Florestais e Entomologia pela oportunidade oferecida e apoio técnico.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos e pelo financiamento deste trabalho.

Ao professor Dr. José Aldo Alves Pereira, pela orientação, amizade, compreensão e, principalmente, por ter acreditado em minhas idéias.

Ao professor Dr. Ronald Zanetti, pela co-orientação, amizade e dedicação na elaboração deste trabalho.

À professora Dr^a. Carla Rodrigues Ribas, membro da banca examinadora, pelas sugestões e críticas que enriqueceram a versão final deste trabalho e por todas as contribuições que garantiram a qualidade do mesmo.

À Dr^a. Vanesca Korasaki pela amizade e o auxílio em todo o andamento deste trabalho

Aos professores Dr. José Marcio Rocha Farias, Dr. Marco Aurélio Leite Fontes e Dr. Luiz Antônio Coimbra Borges do Programa de Pós-Graduação de Engenharia Florestal da UFLA, pela amizade e apoio na elaboração deste trabalho.

Aos amigos Yuri, Dalmo Barros, Rossi Allan, Joãozinho e Mandi, pela amizade, esforço nos trabalhos de campo e disponibilidade de contribuição.

À secretária do DCF, Thaísa, pela atenção, competência e paciência.

Ao Sr. Sílvio Donizete Rezende, por autorizar a realização deste estudo em sua propriedade.

Enfim, a todos que contribuíram com a realização deste trabalho, meu muito obrigado.

RESUMO

Analisando as interações da comunidade de formigas com as variáveis ambientais é possível criar inferências sobre o nível da regeneração natural de uma área degradada. O presente trabalho foi realizado com o objetivo de verificar no processo de recuperação de uma voçoroca como a comunidade de formigas se interage com as mudanças nas variáveis ambientais. A voçoroca em estudo localiza-se no município de Itumirim – MG. Possui uma área de 0,9 ha subdividida em três setores denominados braços: “A”; “B” e “C”. Para a definição dos setores tomou-se como base o nível de atividade erosiva e a regeneração natural. O braço “A” é o mais estável e em processo avançado de regeneração, o “B” em estágio de regeneração intermediário e o “C” ainda em processo ativo de erosão e quase sem regeneração. O delineamento do experimento foi de forma sistemática com lançamento de quatro transeções lineares distantes de si em dez metros em cada braço da voçoroca, na pastagem e na mata. Cada transeção possuía três armadilhas do tipo “pitfall trap” distante entre si dez metros, as capturas de formigas foram em duas épocas: chuvosa e seca. Também foram amostrados na voçoroca dados ambientais como: diversidade de vegetação, umidade do solo e declividade da encosta. Esses dados foram correlacionados aos dados de formigas por meio de análise de covariância e de correspondência canônica (ACC). Como resultado a diversidade de formigas capturadas no verão foi maior no ambiente menos heterogêneo da voçoroca, o braço “C”, no inverno apenas o ambiente braço “B” na voçoroca apresentou menor número de espécie de formigas capturadas. Pela análise de ordenação NMDS observou-se a formação de grupos de espécies de formigas de ocorrência da pastagem distintas da mata. Pelo teste ANOSIM as espécies de formigas capturadas na voçoroca assemelham-se com as espécies da pastagem. As análises de covariância do número de espécies de formigas e as variáveis ambientais não foram significativas, porém a análise de correspondência canônica revela uma substituição de espécies de formigas ao longo do gradiente de vegetação na voçoroca em processo de regeneração natural.

Palavras-chave: Áreas degradadas. Recuperação ambiental. Bioindicadores.

ABSTRACT

Analyzing the interactions of ants communities with environmental variables, it is possible create inferences about the level of natural regeneration of a degraded area. This study aimed to determine whether the recovery process of a gully, as the ant community interacts with changes in environmental variables. The gully in the study is located in the municipality of Itumirim - MG. It has an area of 0,9 ha divided into three sections called arms: "A" "B" and "C". For the definition of the sectors was taken as the base level of erosive activity and natural regeneration. The arm "A" is the most stable and advanced in the process of regeneration, the "B" intermediate stage of regeneration and the "C" still in the active process of erosion and almost no regeneration. The design of the experiment was a systematic way with launch of four linear transects distant from each other in ten meters in each arm of the gully, in grassland and riparian vegetation. Each transect had three traps like pitfall trap ten meters away from each other, catches of ants were in two seasons: rainy and dry. Were also sampled at gully environmental data such as vegetation diversity, soil moisture and slope of the hillside. The data were correlated to data of ants using analysis of covariance and canonical correspondence analysis (CCA). As a result the diversity of ants captured in summer was higher in the gully less heterogeneous environment, the arm "C", in the winter, just the environment arm "B" in the gully had fewer species of ants captured. The NMDS ordination analysis reveals formation of groups of ant species occurring in different forest than pasture. By ANOSIM test ant species captured in the gully with similar species of pasture. Analyses of covariance of number of species of ants and environmental variables were not significant, but the canonical correspondence analysis revealed a replacement of ant species along the gradient of vegetation in the gully natural regeneration process.

Keywords: Degraded areas. Environmental restoration. Bioindicators.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Degradação dos solos.....	13
2.2	Erosão hídrica	13
2.3	Voçorocas.....	14
2.4	Bioindicadores ambientais	15
2.4.1	Artrópodes bioindicadores.....	15
2.4.2	Formigas bioindicadoras.....	16
2.5	Formigas e interações ambientais.....	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	Caracterização da área.....	19
3.2	Levantamento dos dados bióticos na voçoroca	24
3.2.1	Amostragem e levantamentos de campo.....	24
3.2.2	Pós-amostragem das formigas	26
3.3	Levantamento dos dados abióticos.....	26
3.4	Análise dos dados	27
4	RESULTADOS	29
4.1	Diversidade de formigas.....	29
4.2	Composição de espécies de formigas.....	31
4.3	Interações espécie – ambiente.....	34
5	DISCUSSÃO	41
6	CONCLUSÕES.....	45
	REFERÊNCIAS.....	46
	ANEXOS.....	51

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento das áreas rurais perturbadas, modificadas e degradadas pelo uso inapropriado do solo e pela ocupação humana, as preocupações em se recuperar ou reutilizar essas áreas aumentaram. Os estudos focados nesse tema buscam cada vez mais entender o grau de degradação e os agentes degradantes, para criar estratégias de controle e conservação.

Avaliações a partir de respostas biológicas podem identificar indiretamente o grau de perturbação e também o nível de recuperação de uma área degradada (MCGEOCH, 1998; UNDEWOOD; FISHER, 2006). Desta forma, bioindicadores são espécies ou grupo de espécies, que de alguma maneira refletem o estado biótico e ou abiótico do ambiente (MCGEOCH, 1998; NIEMI; MCDONALD, 2004).

Dentre as espécies potenciais, os insetos (Classe Insecta: Arthropoda) têm-se mostrado bons indicadores de mudanças ambientais (MALEQUE et al., 2009; UEHARA-PRADO et al., 2009), na medida em que algumas características intrínsecas desses organismos podem detectar mudanças no ambiente, mesmo em uma escala local.

No filo dos artrópodes as formigas (Hymenoptera: Formicidae) representam um grupo com grande potencial de utilização em programas de monitoramento para conservação ambiental (UNDEWOOD; FISHER, 2006). As características que fazem desse grupo bons indicadores são: abundância de indivíduos, ampla distribuição, fácil amostragem e identificação (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; ALONSO; AGOSTI, 2000).

As formigas apresentam importantes relações com plantas e outros animais (BENNETT, 2009). São consideradas predadoras e dispersoras de sementes, polinizadoras, além de “guarda-costas” de algumas plantas. Também participam da ciclagem de nutrientes na sucessão vegetal e no controle biológico de pragas (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). Elas são fundamentais nos estudos de áreas degradadas em estágio de regeneração e em áreas florestais com mudanças no uso do solo (ANDERSEN et al., 2004; OTTONETTI; TUCCI; SANTINI, 2006; GRAHAM et al., 2009), pois as mesmas mantêm e restauram a qualidade do solo. Elas operam na redistribuição de partículas do solo, além de melhorar a infiltração de água no solo pelo aumento da porosidade e aeração (LOBRY DE BRUYN, 1999).

Dentre os processos relacionados com a degradação do solo, a erosão hídrica altera toda fertilidade e estrutura do solo (CURI et al., 1993). Essa degradação pode ser revelada pela alteração das inter-relações das espécies de formigas com os processos do solo (ANDERSEN; MAJER, 2004).

As voçorocas podem ser compreendidas como “escavações” ou “rasgões do solo”, constituindo-se na forma mais desastrosa da erosão hídrica, sendo originadas pelo aprofundamento e alargamento de ravinas. Possuem paredes laterais íngremes e, em geral, fundos chatos.

Estudos sobre voçorocas buscam auxiliar no entendimento do processo de regeneração natural, na busca de criar estratégias de estabilização e recuperação dessas áreas. Este trabalho foi realizado em uma área degradada com a presença de uma voçoroca sob o regime de regeneração natural. O objetivo principal foi verificar como a comunidade de formigas se interage com as mudanças nas variáveis ambientais, no processo de recuperação de uma voçoroca sob regime de regeneração natural. E os objetivos específicos foram:

Verificar se uma maior diversidade de vegetação conduz a uma maior diversidade de formigas no interior de uma voçoroca sob regime de regeneração natural.

Verificar se uma maior diversidade de vegetação conduz a uma diferença na composição de espécies de formigas no interior de uma voçoroca sob regime de regeneração natural.

Verificar se uma maior declividade da encosta conduz a uma menor diversidade de espécies de formigas no interior de uma voçoroca sob regime de regeneração natural.

Verificar se a maior umidade do solo conduz a uma maior diversidade de formigas no interior de uma voçoroca sob regime de regeneração natural.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Degradação dos solos

O uso indiscriminado dos recursos naturais tem provocado, dentre outros efeitos, a degradação dos solos e dos ecossistemas nele presente. Essa degradação é refletida com a diminuição da fertilidade, assim como a alteração de sua estrutura (CURI et al., 1993), modificando todas as atividades ecológicas.

Os processos relacionados com a degradação dos atributos do solo são: erosão hídrica, compactação, acidificação, diminuição do carbono orgânico e da biodiversidade (RANIERI et al., 1998). Nesse sentido, caso ocorra alguma perturbação, a degradação do solo pode ser revelada pela alteração das inter-relações dos organismos nos processos do solo.

2.2 Erosão hídrica

Dentre os processos de degradação do solo temos o fenômeno da erosão hídrica, que normalmente inicia-se com o impacto da chuva, cuja parte do volume precipitado é interceptada pela vegetação e parte atinge a superfície do solo, provocando o umedecimento dos agregados do solo e reduzindo suas forças coesivas. Com a continuidade da ação da chuva pode ocorrer à desintegração dos agregados, com conseqüente desprendimento de partículas menores (TROEH; HOBBS; DANAHUE, 1980). Ainda segundo esses autores, a quantidade de solo desestruturado aumenta com a intensidade da precipitação, a velocidade e o tamanho das gotas da chuva. Além de ocasionar a liberação de partículas que obstruem os poros do solo, o impacto das gotas também tende a compactá-lo, reduzindo a capacidade de infiltração da água.

Esgotada a capacidade de retenção superficial, a água começa a escoar, juntamente com as partículas de solo em suspensão. O escoamento superficial transporta nutrientes, matéria orgânica, sementes e defensivos agrícolas, que além de causarem prejuízos diretos à produção agropecuária, provocam a poluição dos recursos hídricos. Assim, as perdas por erosão tendem a elevar os custos de produção, em vista da necessidade de aumento do uso de corretivos e fertilizantes. A intensidade dessas perdas depende de inúmeros fatores erosivos (PEREIRA, 2000).

2.3 Voçorocas

A erosão hídrica age das mais variadas formas, desde a forma mais sutil, laminar, até a mais evidente e desastrosa, como as voçorocas. O termo voçoroca vem do tupi-guarani e significa terra rasgada. São vales de erosão onde a remoção de material é tão rápida que não permite o desenvolvimento da vegetação (FIORI; SOARES, 1976).

Atualmente, o desmatamento, o uso incorreto do solo para a agricultura e pecuária e obras de engenharia civil são os principais responsáveis pelo surgimento das voçorocas (CABRAL et al., 2002). Elas geralmente têm início em zonas desprotegidas de vegetação, onde a própria falta de cobertura vegetal produz “encrostamento” da camada superficial do solo.

As voçorocas recebem impactos antrópicos diretos, os quais estão relacionados aos usos das suas bacias de contribuição, bordas e interiores e que contribuem para a continuidade dos processos erosivos, além de dificultar a recuperação natural (FERREIRA, 2005). Os impactos provocados pelas voçorocas estão associados ao assoreamento dos cursos d’água, à diminuição de áreas agrícolas, e aos dos riscos às populações que vivem e utilizam as suas bordas e interiores. Todos esses fatores estão relacionados à ausência de um

manejo conservacionista e à falta de planejamento das atividades rurais e urbanas.

2.4 Bioindicadores ambientais

Para a avaliação e monitoramento de áreas degradadas são obtidas medidas diretas e ou indiretas. Medidas diretas muitas vezes não são viáveis, pois os custos com equipamentos de alta tecnologia são altíssimos.

Bioindicadores são espécies ou grupo de espécies que refletem prontamente o estado biótico e abiótico do ambiente (NIEMI; MCDONALD, 2004). Evidenciam os impactos das mudanças ambientais bem como a diversidade local. Os bioindicadores devem possuir entre suas características: (i) sensibilidade a uma mudança no *habitat*; (ii) aplicáveis em um grande número de sistemas; (iii) fácil amostragem e identificação (baixo custo); (iv) permitir o estabelecimento de comparações e o cruzamento com outros indicadores (Mc GEOCH, 1998; NIEMI; MCDONALD, 2004).

O bioindicador pode ser categorizado em (i) indicador ambiental utilizando-se de espécies que agem de forma previsível e de maneira quantificada às mudanças ambientais; (ii) indicadores ecológicos compostos por grupos sensíveis ao estresse ambiental, demonstrando o seu efeito na biota e suas funções no sistema; (iii) indicador de diversidade, composto por grupo de espécies cuja diversidade reflete uma medida da diversidade dos demais grupos no *habitat* (NIEMI; MCDONALD, 2004).

2.4.1 Artrópodes bioindicadores

A macrofauna invertebrada do solo desempenha um papel chave no funcionamento do ecossistema, pois ocupa diversos níveis tróficos dentro da

cadeia alimentar do solo e afeta a produção de maneira direta e indireta (WOLTERS, 2000). Altera, por exemplo, as atividades dos microrganismos responsáveis pelos processos de mineralização e, conseqüentemente, exercem influência sobre o ciclo de matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes assimiláveis pelas plantas (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

Alguns grupos da macrofauna, dentre os quais, os térmitas, as formigas e minhocas, são denominados “engenheiros dos ecossistemas”, pois suas atividades levam à criação de estruturas biogênicas (galerias, ninhos, câmaras e bolotas fecais), que modificam as propriedades físicas dos solos onde vivem (WOLTERS, 2000).

O filo dos artrópodes tem-se mostrado bom indicador de mudanças ambientais (MALEQUE et al., 2009; UEHARA-PRADO et al., 2009), em que algumas características intrínsecas desses organismos podem detectar mudanças no ambiente. Por apresentarem tamanho pequeno, ciclo de vida curto, ou seja, mudanças rápidas de geração, alta sensibilidade a mudanças de temperatura, os artrópodes são grupos bioindicadores de degradação e alterações ambientais (MALEQUE et al., 2009).

2.4.2 Formigas bioindicadoras

Dentre os artrópodes o grupo das formigas representa um grupo com grande potencial de utilização em programas de monitoramento ambiental. As características que fazem com que esse grupo esteja sendo cada vez mais usado em estudos ecológicos de uma forma geral são: elevada abundância e diversidade; dominância ecológica; amostragem e identificação fáceis, e também por serem geralmente sensíveis a mudanças no ambiente (HOFFMANN; ANDERSEN, 2003; UNDERWOOD; FISHER, 2006).

As formigas foram utilizadas em monitoramento de ações de recuperação após atividades de mineração (OTTONETTI; TUCCI; SANTINI, 2006), uso do fogo (RATCHFORD et al., 2005), poluição industrial (NUMMELIN et al., 2006), práticas agrícolas e mudança do uso do solo (LOBRY DE BRUYN, 1999; GÓMEZ et al., 2003).

O uso das formigas como bioindicadores é amplamente difundido na Austrália (HOFFMANN; ANDERSEN, 2003; ANDERSEN; MAJER, 2004; ANDERSEN et al., 2004). Já no Brasil, os trabalhos pioneiros foram desenvolvidos na recuperação de áreas degradadas por extração de bauxita (MAJER, 1992), e na avaliação dos efeitos da fragmentação da floresta amazônica (CARVALHO; VASCONCELOS, 1999).

As formigas apresentam importantes relações com plantas e outros animais (BENNETT et al., 2009). São consideradas predadoras de sementes e de outros artrópodes, polinizadoras, dispersoras de sementes (LEAL, 2003) além de “guarda-costas” de algumas plantas. Também participam da ciclagem de nutrientes na sucessão vegetal e no controle biológico de pragas (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). Elas são fundamentais nos estudos de áreas degradadas em estágio de regeneração e em áreas florestais com mudanças no uso do solo (ANDERSEN et al., 2004; GRAHAM et al., 2009), pois mantêm e restauram a qualidade do solo. Atuam ainda na redistribuição de partículas do solo, além de melhorar a infiltração de água no solo pelo aumento da porosidade e aeração (LOBRY DE BRUYN, 1999).

2.5 Formigas e interações ambientais

A família Formicidae (Classe Hexapoda, Ordem Hymenoptera) é considerada um dos grupos de invertebrados mais importantes e abundantes em grande parte dos ecossistemas terrestres. Essa importância é demonstrada por

vários atributos: alta diversidade; predominância numérica e de biomassa em quase todos os *habitats*; importantes funções nos ecossistemas, incluindo interações com organismos de todos os níveis tróficos (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

Desempenham papéis importantes na dinâmica de muitos ecossistemas como a dispersão de sementes (LEAL, 2003), ciclagem de nutrientes e herbívoros (WIRTH et al., 2003). Além disso, as formigas interagem diretamente com uma série de organismos, como fungos e outros animais mortos em decomposição (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

A relação positiva entre a riqueza de formigas e a complexidade estrutural dos ambientes tem sido amplamente sugerida (MARINHO et al., 2002; RIBAS et al., 2003). Entretanto, estudos comparando áreas com alta complexidade e áreas com baixa complexidade (LASSAU; HOCHULI, 2004), relatam a relação negativa da riqueza de formigas com a complexidade do ambiente, ou seja, relatam maior diversidade de formigas em áreas com menor complexidade.

Dos fatores abióticos que podem influenciar a entomofauna das florestas destacam-se a luminosidade, temperatura, umidade relativa, chuva e ventos, os quais podem alterar a sobrevivência e o comportamento desses insetos (DAJOZ, 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área

A área em estudo encontra-se no município de Itumirim, nas coordenadas 21°16' Sul e 44°50' Oeste, na região sul do estado de Minas Gerais, pertence à bacia hidrográfica do rio Grande (Figura 1). O clima do município é de transição entre Cwa e Cwb, de acordo com a classificação climática de Köppen (ANTUNES, 1986), onde Cwa é caracterizado como mesotérmico, com inverno seco e verão chuvoso, cuja temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente é superior a 22°C; enquanto que no Cwb, a temperatura média do mês mais quente é inferior a 22°C e a precipitação média anual de 1.530 mm.

As classes de solos predominantes no local são os Latossolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos, derivados da alteração do gnaisse-granítico (LOSCHI, 2009). A vegetação original da região era composta por um mosaico de diferentes fitofisionomias de cerrados (CARVALHO, 1992), o qual foi substituído por pastagens e culturas agrícolas, restando apenas pequenos fragmentos da vegetação, geralmente bastante antropizados.

A voçoroca inserida em uma propriedade rural particular possui uma área de 0,9 hectares e formato irregular. Como no interior da voçoroca ocorrem situações diferentes de regeneração natural ela foi subdividida em três sítios, denominados: braços “A”; “B” e “C” (Figura 2).

A definição desses sítios foi realizada tendo como base o estado da atividade erosiva e da regeneração natural. O braço “A” (Figura 3) é o mais estável quanto à atividade erosiva e em processo avançado de regeneração natural; o braço “B” (Figura 4) apresenta-se estabilizado e em estágio intermediário de regeneração natural, com uma grande predominância de samambaias do gênero *Gleichenia*, e o braço “C” (Figura 5) ainda em processo ativo de erosão em estágio inicial de regeneração natural.

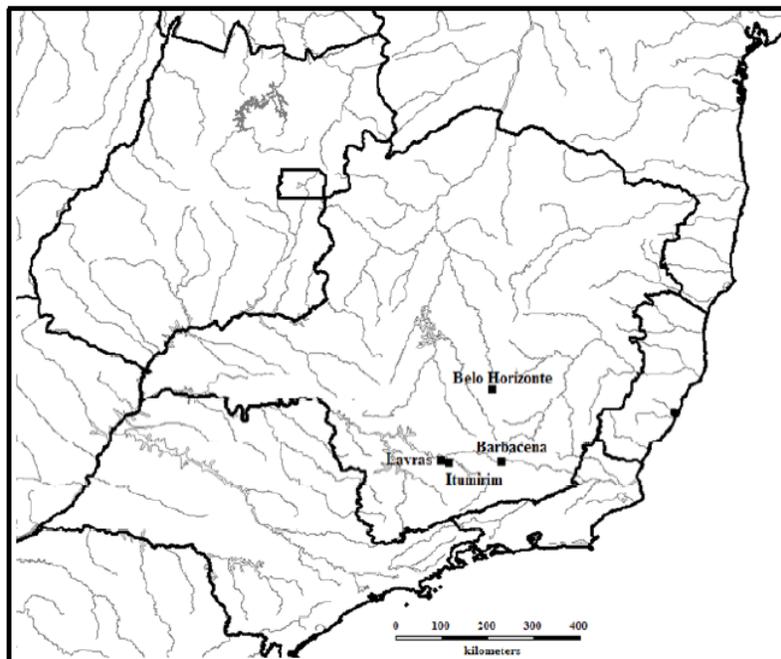


Figura 1 Localização geográfica do município de Itumirim-MG

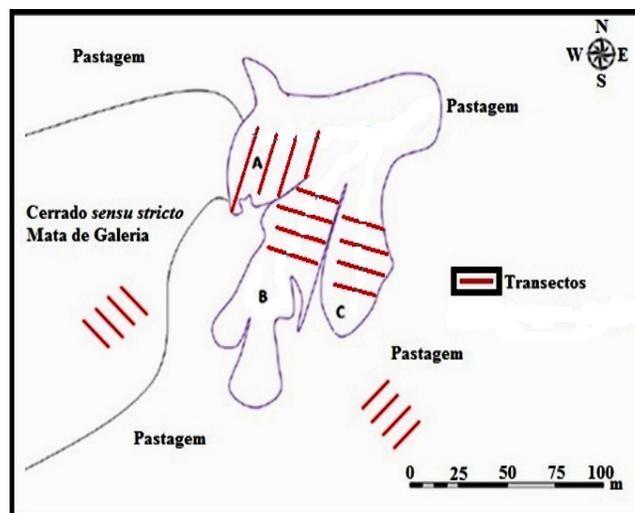


Figura 2 Caracterização da área estudada mostrando a localização das transeções lineares nos três braços (“A”, “B” e “C”) na voçoroca e entorno, pastagem e mata ciliar, Itumirim-MG



Figura 3 Foto ilustrando o ambiente em estágio avançado de regeneração, braço “A” na voçoroca, Itumirim-MG



Figura 4 Fotos ilustrando o ambiente em estágio intermediário de regeneração, braço “B” na voçoroca, Itumirim-MG



Figura 5 Fotos ilustrando o ambiente em estágio inicial de regeneração, braço “C” na voçoroca, Itumirim-MG

3.2 Levantamento dos dados bióticos na voçoroca

3.2.1 Amostragem e levantamentos de campo

A vegetação e as formigas foram amostradas de forma sistemática na área da voçoroca, e na matriz de entorno, composta por pastagem plantada e mata ciliar, por meio de parcelas alocadas ao longo de quatro transeções lineares distantes 10 metros entre si (Figura 2). Foram alocadas 60 parcelas contíguas e independentes de dimensões de 10x10 metros, onde foram instaladas armadilhas do tipo “Pitfall trap” (WOODCOCK, 2005), localizadas no centro de cada parcela (Figura 6).

Para a captura de formigas foram utilizados potes de material plástico, de formato circular, com diâmetro de seis e altura de sete centímetros (Figura 7). No interior dos potes colocou-se água salobra + detergente neutro e, posteriormente eles foram enterrados rente ao solo onde permaneceram no local pelo período de 48 horas em duas campanhas de amostragem, uma na época chuvosa e outra na época seca.

A vegetação da voçoroca foi levantada e identificada em um estudo realizado anteriormente através de um censo qualitativo das espécies vegetais de porte arbóreo, samambaias e gramíneas (LOSCHI, 2009). Os indivíduos vegetais contidos em cada parcela foram inventariados e agrupados de forma a corresponderem a cada armadilha, “Pitfall trap”, instalada no centro da parcela para a captura das formigas (Figura 6). As espécies vegetais do levantamento realizado no ano anterior foram confirmadas, assegurando a não existência de novas espécies, conforme listagem depositada no Herbário da Universidade Federal de Lavras.

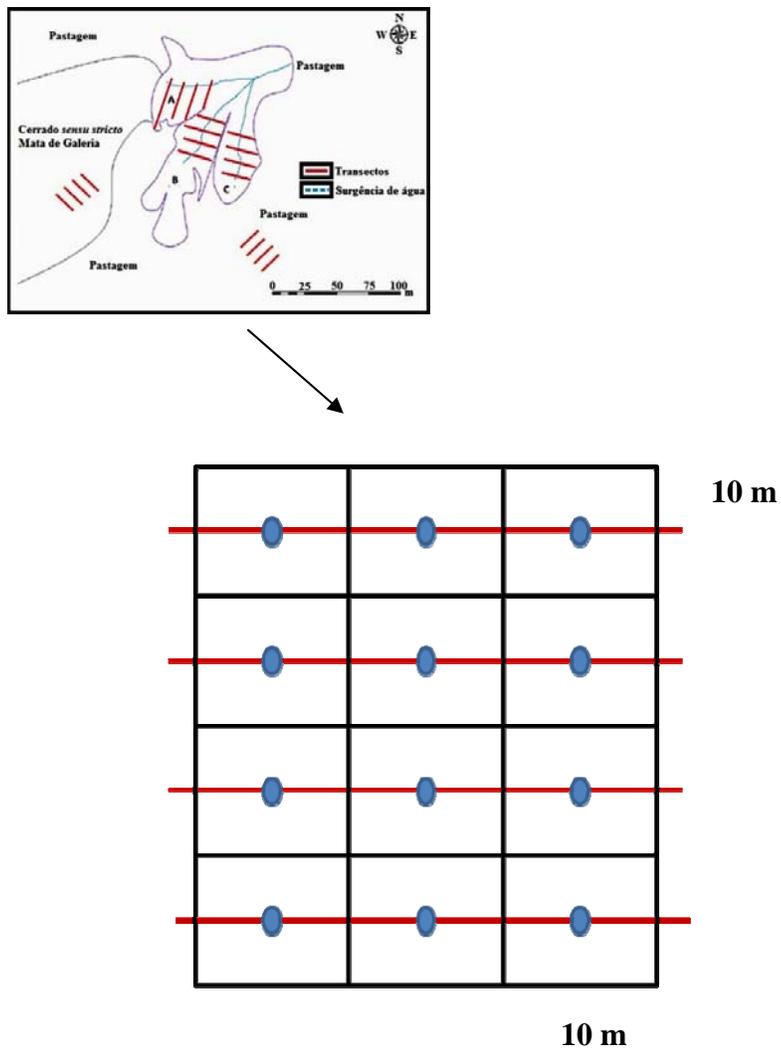


Figura 6 Croqui das parcelas nas transeções lineares no interior da voçoroca e seu entorno, Itumirim-MG
(Legenda: ilustração das transeção linear em vermelho; ● = “pitfall trap”)



Figura 7 Armadilha “Pitfall”, utilizada na captura de formigas na área de voçoroca e entorno, Itumirim-MG

3.2.2 Pós-amostragem das formigas

Após a retirada das armadilhas as formigas foram triadas com auxílio de lupa estereoscópica e montadas para identificação no Laboratório de Entomologia Florestal do DEN/UFLA. A identificação dos formicídeos em nível de gênero foi realizada com auxílio da chave de Bolton (1994), e a separação por morfoespécie com o auxílio da profissional na área de mirmecologia Prof. Dr^a. Carla Rodrigues Ribas, da Universidade Federal de Lavras.

3.3 Levantamento dos dados abióticos

As variáveis ambientais do solo como umidade e declividade da encosta, foram determinadas em cada parcela nas transeções (Figura 6). A umidade do solo foi determinada por meio do método gravimétrico, que se consiste na coleta e mensuração da diferença entre o peso úmido e o peso seco das amostras de

solos superficiais, condicionadas em estufa regulada a uma temperatura de 100-105°C por um período de 24 horas (GARDNER, 1986). Essa quantificação foi realizada em intervalos de dois meses durante o período de janeiro a agosto de 2010, sempre no princípio da manhã. A declividade média, obtida em graus, foi medida com o auxílio de um clinômetro, e o comprimento de rampa foi dimensionado com a trena, medindo-se a distância entre o início e o fim de cada parcela.

3.4 Análise dos dados

As parcelas alocadas no interior da voçoroca e no entorno foram consideradas independentes, onde o número de parcelas foi igual a doze para cada ambiente. Para avaliar se a diversidade de formigas variou entre os três braços da voçoroca e do seu entorno foi feita uma análise de variância (ANOVA) com as médias do número de espécie absoluto de formigas capturadas por armadilha nos cinco ambientes. Para avaliar possíveis diferenças significativas no número de espécies de formigas entre os diferentes ambientes, efetuou-se uma análise de contraste entre as médias, juntando os ambientes que possuem médias não diferentes estatisticamente. As análises foram realizadas utilizando-se o software R (R Development Core Team, 2008).

Para verificar possíveis similaridades na composição de espécies de formigas entre os ambientes foi aplicado o teste ANOSIM utilizando-se o software R (R Development Core Team, 2008). Uma análise “nonmetric multidimensional scaling” (NMDS) foi utilizada para revelar a ordenação das parcelas diante da composição de espécies de formigas entre os diferentes braços na voçoroca e seu entorno. A ordenação foi feita utilizando-se dados de presença e ausência, empregando-se o índice de similaridade Raup-Crick. Também, para a identificação das espécies de formigas com alto nível de especificidade em

cada ambiente realizou-se o teste INDIVAL com o software PRIMER V.5 (CLARKE; WARWICK, 2001).

Para avaliar a correlação do número de espécies de formigas com a diversidade vegetal e os parâmetros físicos do ambiente (umidade do solo e declividade da encosta) foram realizadas análises de covariância levando em consideração a interação dos ambientes: braços "A", "B" e "C".

Essas relações também foram avaliadas a partir de uma análise de correspondência canônica – ACC (TER BRAAK, 1995). A ACC buscou correlacionar simultaneamente duas matrizes, uma de presença - ausência de espécies por amostra e uma matriz correspondente de variáveis ambientais (diversidade da vegetação, umidade do solo e declividade da encosta). Efetuou-se o teste de permutação de Monte Carlo, pertencente à ACC, em que mediante os valores obtidos na análise foram testados estatisticamente, randomizados 500 vezes de forma a diferenciá-los do acaso (TER BRAAK, 1995; MCCUNE; MEFFORD, 1999). Desta forma, produziu-se uma ordenação simultânea de amostras, espécies e variáveis ambientais (vetores), uma análise direta do gradiente da comunidade de formigas. Para a realização dessas análises, foi utilizado o software PC-ORD for Windows, versão 4.14 (MCCUNE; MEFFORD, 1999).

4 RESULTADOS

4.1 Diversidade de formigas

No total foram capturadas 71 espécies de formigas nas armadilhas “Pitfall” alocadas no interior da voçoroca e no entorno (Anexo 1). Pela análise de variância (ANOVA) verifica-se que existe diferença significativa ($X^2 = 20,86$; $p < 0.001$) entre as médias do número de espécies de formigas capturadas na época chuvosa (verão) e na época seca (inverno) (Gráfico 1).

No verão o braço “C” na voçoroca apresentou maior número de espécies de formigas capturadas por amostra que os demais ambientes ($X^2 = 9.97$; $p = 0.001$), os quais não diferem entre si. Já no inverno os ambientes: mata, pastagem, braço “A” e o braço “C” apresentaram as maiores médias, não havendo diferença significativa entre si ($X^2 = 29.56$; $p = 0.001$), seguido do braço “B” que apresentou a menor média de espécies de formigas capturadas por armadilha (Gráfico 2).

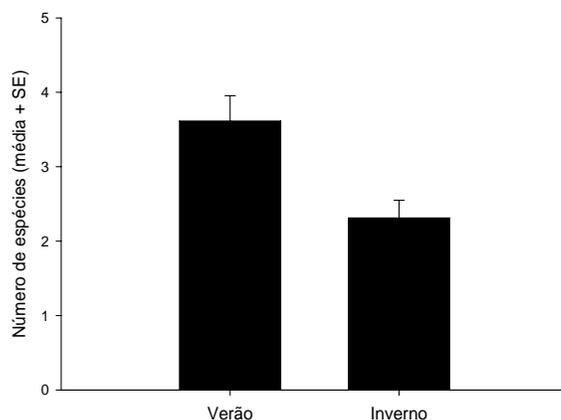


Gráfico 1 Média do número de espécies de formigas capturadas por amostra no verão (época chuvosa) e no inverno (época seca) do levantamento com “pitfall” em uma voçoroca e seu entorno, Itumirim-MG

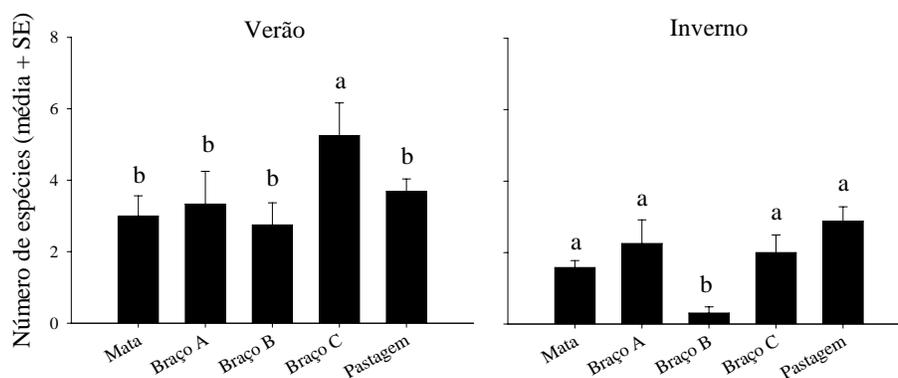


Gráfico 2 Média do número de espécies de formigas capturadas por amostra nos respectivos ambiente, nos levantamentos de verão (época chuvosa) e de inverno (época seca) com “pitfall” em uma voçoroca e seu entorno, Itumirim-MG (Médias com mesma letra não se diferem estatisticamente)

4.2 Composição de espécies de formigas

No gráfico de ordenação NMDS de verão, pode-se observar um agrupamento de parcelas dos ambientes mata, braço “C” e da pastagem (Gráfico 3). Já no gráfico de ordenação NMDS de inverno observou-se apenas um agrupamento de parcelas dos ambientes mata e um gradiente das parcelas dos braços “A”, “B” e “C” tendendo a se agrupar as parcelas da pastagem devido à composição de espécies de formigas (Gráfico 4).

Na avaliação da similaridade de espécies de formigas, mediante o teste ANOSIM (Tabelas 1 e 2) revelou-se que a composição da comunidade de formigas capturadas nas parcelas do interior da voçoroca não apresentou similaridade com a composição da comunidade de formigas capturadas nas parcelas do entorno, ou seja, o grupo de espécies de formigas capturados nos ambientes mata e pastagem diferem dos ambientes braços “A”, “B” e “C” da voçoroca ($p < 0.05$) tanto nos resultados obtidos com as coletas de verão quanto de inverno. Nesse último, foi possível observar pelo resultado do ANOSIM que na voçoroca, o ambiente braço “A” difere do braço “C” na composição de espécies.

Tabela 1 Valores de correlação do teste ANOSIM de verão (época chuvosa) comparando a composição das espécies de formigas registradas nas parcelas dos cinco ambientes em uma área com voçoroca, Itumirim-MG, 2010

	Mata	Braço A	Braço B	Braço C	Pastagem
Mata	-	0,6062	0,5057	0,7173	0,74
Braço A	0,6062	-	ns	ns	0,1643
Braço B	0,5057	ns	-	ns	0,2555
Braço C	0,7173	ns	ns	-	0,2001
Pastagem	0,74	0,1643	0,2555	0,2001	-

Todos os valores significativos ($p < 0.001$)

ns= valores não significativos

Tabela 2 Valores de correlação do teste ANOSIM de inverno (época seca) comparando a composição das espécies de formigas registradas nas parcelas dos cinco ambientes em uma área com voçoroca, Itumirim-MG, 2010

	Mata	Braço A	Braço B	Braço C	Pastagem
Mata	-	0,7189	0,9395	0,8102	0,771
Braço A	0,7189	-	ns	0,3986	ns
Braço B	0,9395	ns	-	ns	ns
Braço C	0,8102	0,3986	ns	-	0,3165
Pastagem	0,771	ns	ns	0,3165	-

Todos os valores significativos ($p < 0.001$)

ns= valores não significativos

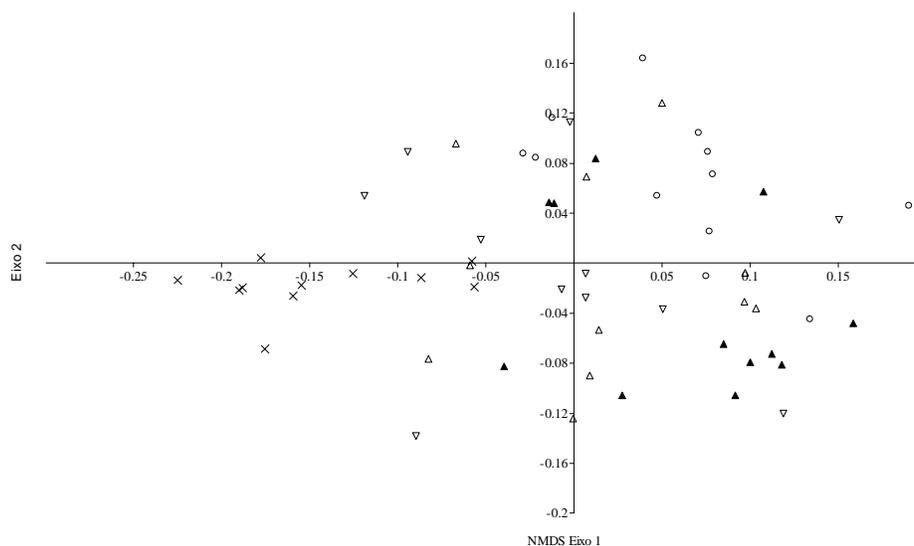


Gráfico 3 Ordenação NMDS, por meio do índice Raup-Crick das parcelas dos cinco ambientes registradas no levantamento de formigas no verão (época chuvosa) em uma voçoroca, Itumirim-MG (x = mata; o = pastagem; triângulo = braço "A"; triângulo invertido = braço "B", triângulo preto = braço "C")

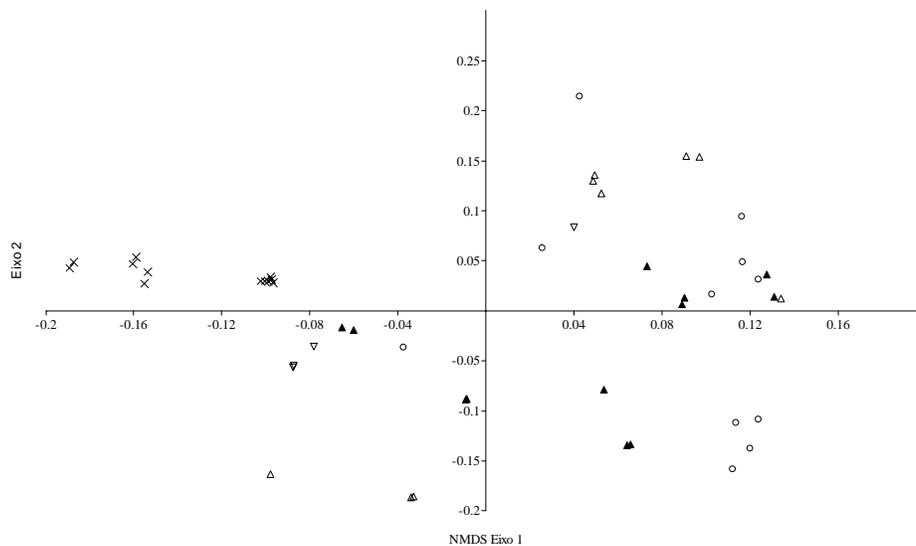


Gráfico 4 Ordenação NMDS, por meio do índice Raup-Crick das parcelas dos cinco ambientes registradas no levantamento de formigas no inverno (época seca) em uma voçoroca, Itumirim-MG (x = mata; o = pastagem; triângulo = braço "A"; triângulo invertido = braço "B", triângulo preto = braço "C")

A aplicação do teste IndiVal destacou um grupo de espécies indicadoras nos ambientes pastagem, braços "C" "B" e "A" e mata nas estações do ano, verão (época chuvosa) (Tabela 3) e inverno (época seca), (Tabela 4).

Tabela 3 INDIVAL verão (época chuvosa) das espécies de formigas registradas no levantamento com “pitfall” em uma área com voçoroca e seu entorno, Itumirim-MG, 2010

Espécie	Ambiente	IV	P- level
Atta sp	Mata	41.7	0.002
Acromyrmex sp	Braço C	23.2	0.021
Ectatoma sp2	Pastagem	27.6	0.007
Brachymyrmex sp	Braço C	27.8	0.006
Pachycondila sp1	Braço C	23.5	0.014
Cyphomyrmex sp	Pastagem	24.7	0.007
Camponotus sp4	Mata	83.3	0.001
Camponotus sp5	Mata	25	0.015

(IV= Índice de valor de especificidade)

Tabela 4 INDIVAL inverno (época seca) das espécies de formigas registradas no levantamento com “pitfall” em uma área com voçoroca e seu entorno, Itumirim-MG, 2010

Espécie	Ambiente	IV	P- level
Atta sp	Mata	20	0.015
Eciton sp	Mata	100	0.001
Pseudomyrmex sp1	Pastagem	50	0.001
Solenopsis sp3	Braço A	25	0.008
Brachymyrmex sp	Braço C	33.1	0.002
Pheidole sp1	Pastagem	18.7	0.035

(IV= Índice de valor de especificidade)

4.3 Interações espécie – ambiente

As análises de covariância entre as variáveis ambientais e o número de espécies de formigas não foram significativas tanto no verão quanto no inverno. Entretanto, constatou-se pelas análises que existe uma interação significativa entre os ambientes, onde no verão há uma relação negativa entre a umidade do solo e o número de espécies de formigas ($X^2 = 12,72$; $p = 0.002$) e uma relação positiva entre a declividade da encosta e o número de espécies de formigas ($X^2 =$

13,56; $p = 0.001$) em função do ambiente braço “B” (Gráfico 5). Já no inverno a análise revelou que existe uma interação significativa entre os ambientes, onde há uma relação negativa entre o número de espécies de formiga e a riqueza de vegetação ($X^2 = 7,52$; $p = 0,02$) (Gráfico 6) e a umidade do solo ($X^2 = 13,25$; $p = 0.01$) e, uma relação positiva com a declividade da encosta ($X^2 = 8,46$; $p = 0.01$) também em função do ambiente braço “B” (Gráfico 7).

Os resultados das análises de correspondência canônica (ACC) não foram significativos para as análises de correlações dos dados de formigas coletadas nas estações do ano verão e inverno, apresentando autovalores baixos e não significativos para o teste de Monte Carlo (Tabela 5). No entanto pela análise dos dados de formigas coletadas no verão e inverno juntos, observam-se resultados significativos, representados na Tabela 6 e nos diagramas de ordenação (Figuras 15 e 16).

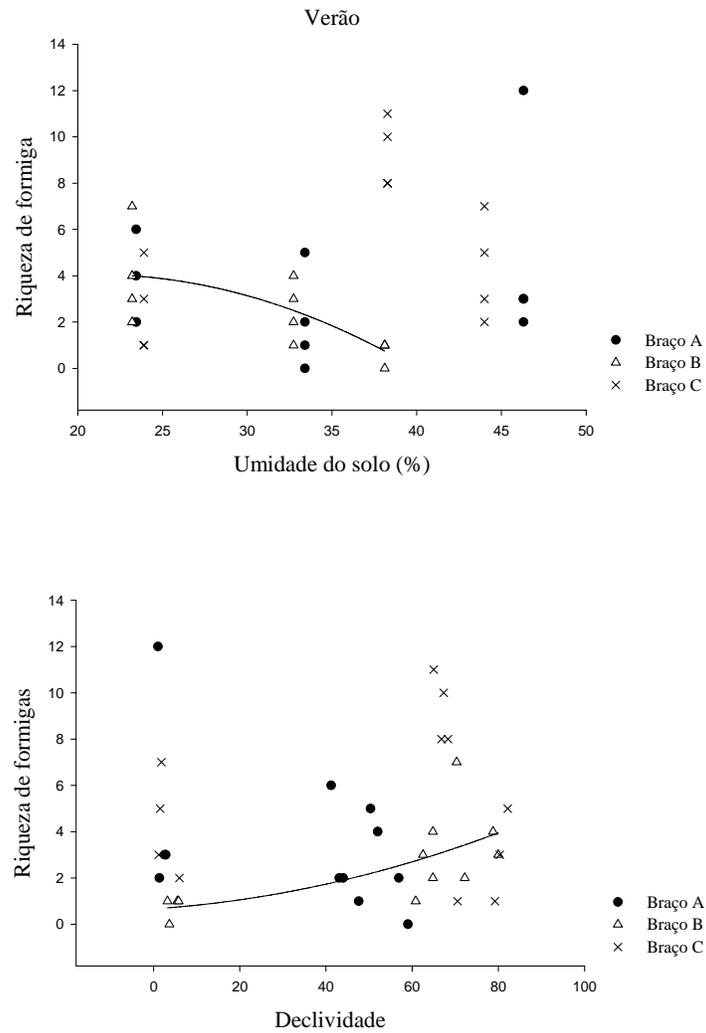


Gráfico 5 Relação entre as variáveis ambientais (umidade do solo e declividade da encosta) e a riqueza de espécies de formigas capturadas com “pitfall” no verão (época chuvosa) em uma voçoroca, Itumirim-MG, 2010 (Curva de relação do ambiente braço “B”)

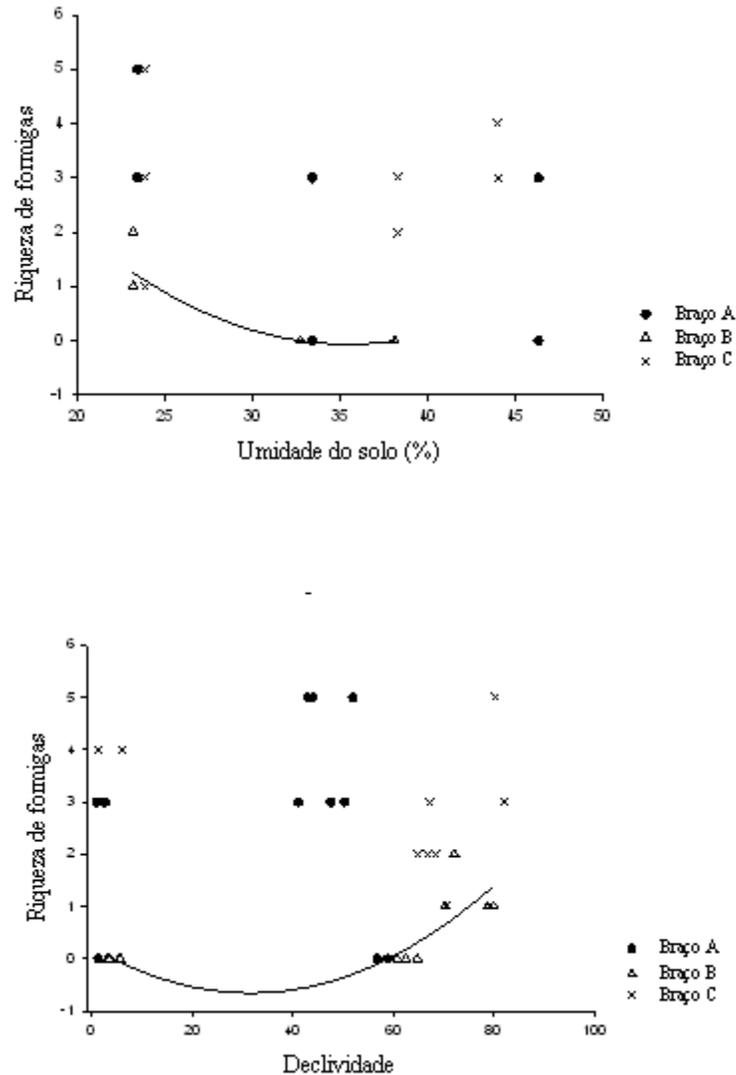


Gráfico 6 Relação entre as variáveis ambientais (umidade do solo e declividade da encosta) e a riqueza de espécies de formigas capturadas com “pitfall” no inverno (época seca) em uma voçoroca, Itumirim-MG, 2010 (Curva de relação do ambiente braço “B”)

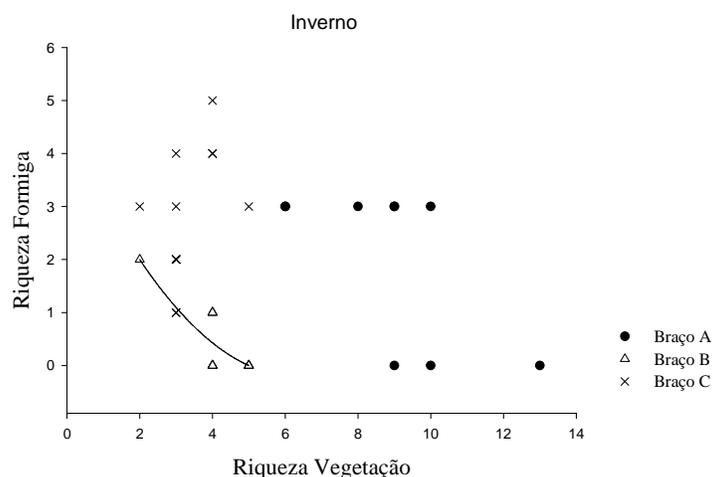


Gráfico 7 Relação entre a riqueza de espécies vegetais e a riqueza de espécies de formigas capturadas com “pitfall” no inverno (época seca) em uma voçoroca, Itumirim-MG, 2010 (Curva de relação do ambiente braço “B”)

Tabela 5 Resultados da análise de correspondência canônica (ACC) no verão (época chuvosa) e no inverno (época seca) da interação espécie de formiga- variável ambiental em uma voçoroca, Itumirim-MG, 2010

	Verão		Inverno	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
Autovalores	0,4313	0,350	0,50	0,481
Variância dos dados das espécies (%)	3,6	3,0	7,5	6,0
Variância explicada cumulativa (%)	3,6	6,6	7,5	13,5
Correlações espécie-ambiente	0,858	0,823	0,95	0,91
Correlações pelo teste de Monte Carlo (p-level)	0.38	0.35	0.22	0.35

Tabela 6 Resultados da análise de correspondência canônica (ACC) da interação espécie de formiga- variável ambiental em uma voçoroca, Itumirim-MG, 2010

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalores	0,463	0,41
Variância dos dados das espécies (%)	2,5	2,2
Variância explicada cumulativa (%)	2,5	4,7
Correlações espécie-ambiente	0,802	0,822
Correlações pelo teste de Monte Carlo (p - level)	0.01	0.01

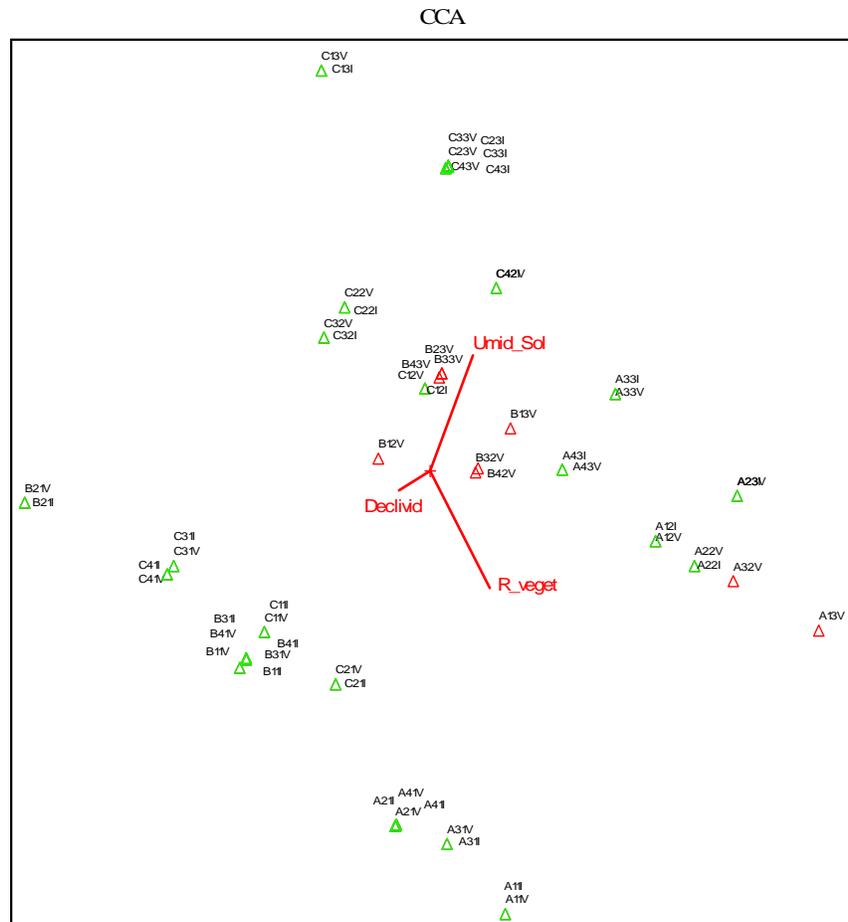


Figura 8 Diagrama de ordenação das parcelas em uma voçoroca, Itumirim-MG, e sua correlação com as variáveis ambientais avaliadas
 Legenda: Vetores: Declivid= declividade da encosta, R_veget= diversidade vegetal e Umid_Sol= umidade do solo) Triângulos verdes (época chuvosa), vermelhos (época seca); parcelas com seus respectivos códigos correspondentes aos braços A, B e C na voçoroca

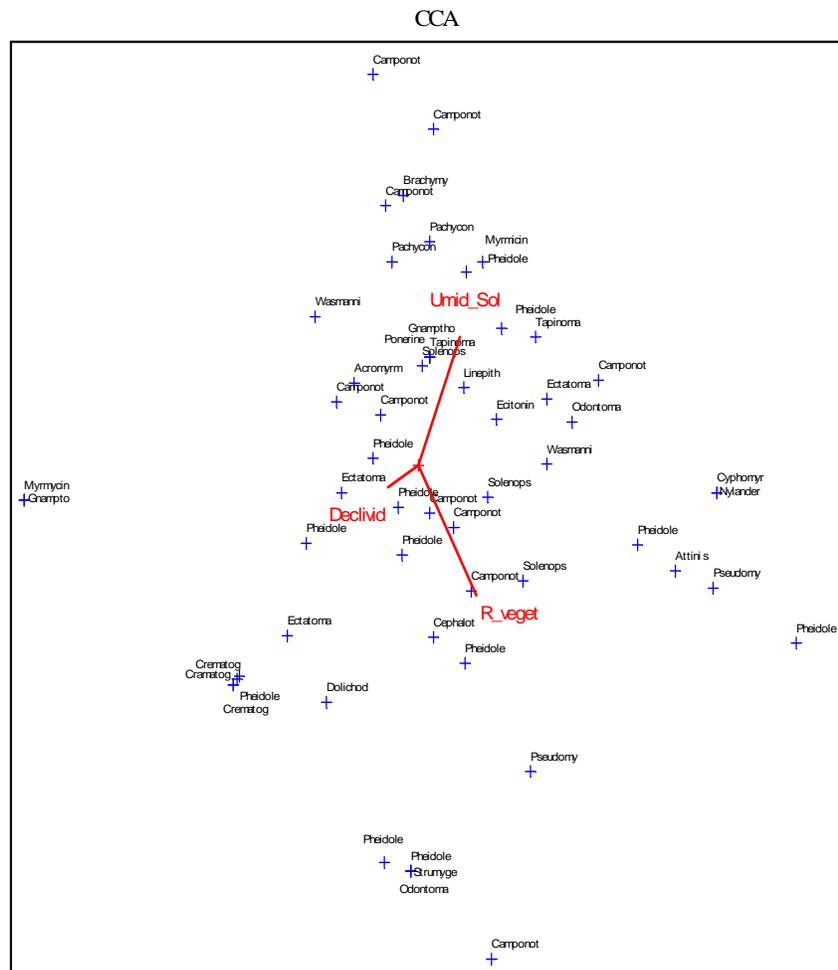


Figura 9 Diagrama de ordenação das espécies de formigas em uma voçoroca, Itumirim-MG, e sua correlação com as três variáveis ambientais avaliadas. (Vetores: Declivid= declividade da encosta, R_veget= diversidade vegetal e Umid_Sol= umidade do solo)

5 DISCUSSÃO

O número de espécies de formigas capturadas na época seca (inverno) foi menor, quando comparado ao número de espécies de formigas capturadas na época chuvosa (verão), possivelmente por uma maior atividade de forrageamento das formigas na época chuvosa (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

Por meio dos dados obtidos sugere-se que o ambiente braço “C” da voçoroca, o qual se encontra em processo ativo de erosão e estágio inicial de regeneração, foi o ambiente que apresentou o maior número de espécies de formigas capturadas no verão. Essas áreas podem ser preferidas e “visitadas” pelas formigas devido sua baixa complexidade e competitividade. São áreas abertas, com maior intensidade da luz sobre o solo, onde o calor favorece a disponibilidade de energia para o forrageamento e a reprodução das formigas (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

Schmidt e Diehl (2008) estudando o comportamento da comunidade de formigas em áreas sob diferentes usos do solo, no sul do Brasil, apresentaram como resultado uma maior riqueza de formigas capturadas por amostra em áreas selecionadas em estágio inicial de regeneração. Outros trabalhos desenvolvidos em Sidney, na Austrália, levando em consideração, variáveis de complexidade ambiental, como cobertura da vegetação herbácea, arbustiva, e arbórea, estudaram a diversidade de formigas capturadas por armadilhas de queda em áreas com alta complexidade e áreas com baixa complexidade e, verificaram uma maior diversidade de formigas, em áreas com menor complexidade ambiental (LASSAU; HOCHULI, 2004).

O ambiente da mata conectada á voçoroca não apresentou o maior número de espécies de formigas como o esperado, uma vez que é o ambiente mais complexo e heterogêneo. Esse resultado pode ser entendido, possivelmente,

por se tratar do ambiente em maior equilíbrio, onde as interações e a competitividade das espécies mantêm o número de espécies de formigas controlado. Nesse ambiente foi encontrado indivíduos do gênero *Eciton*, que apresentam formigas de correição. Esse fato pode ter influenciado no número de espécies capturadas na mata, na medida em que indivíduos desse gênero apresentam características agressivas e diminuem a comunidade local de outras espécies de formigas (POWELL; BAKER, 2008).

De modo geral, os distúrbios que causam mortes diretas ou a remoção das colônias de formigas refletem de forma diferente às perturbações que têm efeitos indiretos, tal como alterações da biomassa de plantas (HOFFMANN; ANDERSEN, 2003). A relação positiva entre a riqueza de formigas e a complexidade e heterogeneidade dos ambientes, tem sido amplamente sugerida (MARINHO et al., 2002; RIBAS et al., 2003; UNDERWOOD; FISCHER, 2006). Segundo esses autores, ambientes mais heterogêneos disponibilizam maior variedade de recursos para as espécies de formigas se estabelecerem, quando comparados a ambientes menos complexos.

O número de espécies de formigas apresenta respostas variáveis a diferentes situações de acordo com o *habitat*, a intensidade da perturbação ou tempo decorrido desde a perturbação (HOFFMANN; ANDERSEN, 2003).

A composição de espécies no interior da voçoroca não apresentou similaridade significativa com as espécies de formigas capturadas no entorno (mata e pastagem) segundo o teste ANOSIM existe uma menor dissimilaridade na composição de espécies das parcelas da pastagem em relação ao interior da voçoroca, indicando uma possível colonização da voçoroca por espécies de formigas oriundas da pastagem.

Estudos mostram que impactos antrópicos geralmente resultam em uma mudança significativa na composição de espécies e, possivelmente, uma substituição de espécies nas comunidades de formigas, tanto em ambientes

simplificados como em ambientes em regeneração (HOFFMANN, 2000; LASSAU; HOCHULI, 2004; UNDERWOOD; FISHER, 2006; UEHARA-PRADO et al., 2009). Locais perturbados geralmente são colonizados por espécies oportunistas ou espécies generalistas, isso porque essas espécies podem obter vantagens com as mudanças dos recursos e ou condições de sobrevivência nos ambientes em questão (HOFFMANN; ANDERSEN, 2003).

Os resultados das análises de covariância entre as variáveis ambientais e a diversidade de formigas revelaram interações significativas entre os ambientes, onde no ambiente braço “B” pode indicar que nas encostas da voçoroca onde existe uma menor umidade do solo, há uma maior facilidade no forrageamento e exploração territorial das formigas (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990), enquanto que nos vales da voçoroca, apesar de possibilitar um maior estabelecimento de espécies vegetais, dificulta o forrageamento e a captura de espécies de formigas.

Os autovalores produzidos pelo primeiro e segundo eixos da ACC, respectivamente 0,463 e 0,41, são considerados de médio a baixo (TER BRAAK, 1995), indicando a predominância de gradientes médios a longos, ou seja, a ocorrência de uma leve substituição de espécies nas parcelas, nas quais determinadas espécies de formigas tendem a não ocorrer ao longo de todo o gradiente ambiental, por influência das mudanças nas variáveis ambientais. Os dois primeiros eixos da ACC produziram baixa percentagem da variância da distribuição das espécies (eixo 1 = 2,5 %, eixo 2 = 2,2% e total acumulado 4,7%), indicando variância remanescente não explicada. Apesar disso, a significância das relações espécie-ambiente não foi prejudicada, pois a ACC produziu altas correlações espécie-ambiente nos dois primeiros eixos: 0,802 (eixo 1) e 0,822 (eixo 2). Além disso, o teste de permutação de Monte Carlo (Tabela 3) foi significativo para os autovalores obtidos ($p < 0.05$ *sensu* TER BRAAK, 1995).

Na ordenação das espécies pela ACC (Figura 15) observa-se que espécies do gênero *Wasmannia*, *Odontomachus*, *Strumigenys*, *Nylanderia* e *Pseudomyrmex*, tendem a ocorrer nas áreas adjacentes à voçoroca próxima a mata, onde há maior influência da variável vegetação. No outro extremo do gradiente, próximo da pastagem corresponde aos ambientes com menor grau de recuperação na voçoroca, com relevo acidentado onde se concentraram espécies do gênero *Brachymyrmex*, *Crematogaster*, *Ectatoma*, *Pachicondyla*, *Linepithema*. Espécies oportunistas como as do gênero *Linepithema* ocorrem com maior frequência em ambientes em níveis baixos a moderados de perturbação, devido à sua preferência por *habitat* mais abertos (UNDERWOOD; FISHER, 2006). Segundo esses autores, os grupos mais especializados, como críticos e predadores especialistas não são encontrados nessas áreas perturbadas. A ordenação revela também que ocorre um estágio intermediário no gradiente de regeneração, onde ocorrem principalmente espécies do gênero *Gnamptogenys*, *Tapinoma*, *Camponotus* e *Eciton*.

6 CONCLUSÕES

Na área da voçoroca estudada os ambientes internos com diferentes graus de regeneração influenciaram no número e na composição de espécies de formigas. O ambiente mais degradado e em estágio inicial de regeneração, permitiu um maior forrageamento das formigas, apresentando a maior diversidade de formigas capturadas por amostra pela metodologia aplicada, “pitfall trap”.

A composição de espécies de formigas capturadas nas parcelas do interior da voçoroca não apresentou similaridade com a composição de espécies de formigas capturadas nas parcelas da mata ciliar do entorno.

As correlações da diversidade de formigas com a diversidade vegetal, a umidade do solo e a declividade da encosta não foram significativas. Entretanto, a interação dos ambientes apresentou significância, indicando que no braço “B” há uma relação positiva com declividade da encosta e uma relação negativa com a diversidade vegetal e a umidade do solo.

Os estágios de regeneração no interior da voçoroca influenciaram, principalmente, na composição de espécies de formigas, onde as análises de ordenação NMDS e de correspondência canônica indicaram uma substituição de espécies capturadas nas amostras devido às mudanças nas variáveis ambientais ao longo do processo de recuperação da voçoroca, em regime de regeneração natural.

REFERÊNCIAS

ALONSO, L. E.; AGOSTI, D. Biodiversity studies, monitoring and ants: an overview. In: AGOSTI, D. et al. (Ed.). **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution, 2000. p. 1-8.

ANDERSEN, A. N. et al. Use of terrestrial invertebrates for biodiversity monitoring in Australian rangelands, with particular reference to ants. **Austral Ecology**, Carlton, v. 29, n. 1, p. 87-92, 2004.

ANDERSEN, A. N.; MAJER, J. D. Ants show the way down under: invertebrates as bioindicators in land management. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Washington, v. 2, n. 6, p. 291-298, 2004.

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 9-13, jun. 1986.

BENNETT, J. M. et al. Ants as indicators for vertebrate fauna at a local scale: an assessment of cross-taxa surrogacy in a disturbed matrix. **Biodiversity Conservation**, New York, v. 18, n. 13, p. 3407-3419, 2009.

BOLTON, B. A. **Identification guide to the ant genera of the world**. Cambridge: Harvard University, 1994.

CABRAL, V. M. et al. Seleção de espécies leguminosas fixadoras de nitrogênio para utilização na recuperação de áreas mineradas pela Companhia Vale do Rio Doce. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADAS, 2002, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sobrade, 2002. p. 463-465.

CARVALHO, D. A. Flora fanerogâmica de campos rupestres da Serra da Bocaina, Minas Gerais: caracterização e lista de espécies. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 97-122, jan./jun. 1992.

CARVALHO, K. S.; VASCONCELOS, H. L. Forest fragmentation in central Amazonia and its effects on litterdwelling ants. **Biology Conservation**, London, v. 91, p. 151-157, Dec. 1999.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 2001. 172 p.

- CURI, N. et al. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 89 p.
- DAJOZ, R. **Insects and forests: the role and diversity of insects in the forest environment**. London: Intercept, 2000. 668 p.
- FERREIRA, V. M. **Voçorocas no município de Nazareno, MG: origem, uso da terra e atributos do solo**. 2005. 84p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Solos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- FIORI, L.; SOARES, A. Aspectos evolutivos das voçorocas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 16, n. 32, p. 40-48, dez. 1976.
- GARDNER, W.H. Water content. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: part I**. Madison: Soil Science Society of America, 1986. p. 493-544.
- GRAHAM, J. H et al. Species richness, equitability, and abundance of ants in disturbed landscapes. **Ecological Indicators**, New York, v. 9, n. 5, p. 866-877, 2009.
- GÓMEZ, C. et al. Structure of ground foraging ant assemblages in relation to landuse change in the northwestern Mediterranean region. **Biodiversity and Conservation**, New York, v. 12, n. 10, p. 2135-2146, 2003.
- HOFFMANN, B. D. Changes in ant species composition and community organisation along grazing gradients in semiarid rangelands of the Northern Territory. **Australian Rangeland Journal**, Cottesloe, v. 22, n. 2, p. 171-189, 2000.
- HOFFMANN, B. D.; ANDERSEN A. N. Responses of ants to disturbance in Australia, with particular reference to functional groups. **Austral Ecology**, Carlton, v. 28, n. 4, p. 444-464, 2003.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The ants**. Cambridge: Harvard University, 1990. 732 p.
- LASSAU, S. A.; HOCHULI, D. F. Effects of habitat complexity on ant assemblages. **Ecography**, Copenhagen, v. 27, n. 2, p. 157-164, 2004.
- LEAL, I. R. Dispersão de sementes por formigas na caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. (Ed.). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: UFPE, 2003. p. 435-460.

LOBRY DE BRUYN, A. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 74, n. 1-3, p. 425-441, 1999.

LOSCHI, R. A. **Interações espécie-ambiente na colonização de uma voçoroca em Itumirim, Minas Gerais**. 2009. 67p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

MAJER, J. D. Ant recolonization of rehabilitated bauxite mines of Poços de Caldas, Brasil. **Journal Applied Ecology**, Oxford, v. 8, n. 1, p. 97-108, 1992.

MALEQUE, M. A. et al. Arthropods as bioindicators of sustainable forest management, with a focus on plantation forests. **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 44, n. 1, p. 1-11, 2009.

MARINHO, C. G. S. et al. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em Eucaliptos (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 187-195, 2002.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD version 4.14**: multivariate analysis of ecological data. Oregon: Glenden Beach, 1999. 1 CD-ROM.

MCGEOCH, M. A. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. **Biological Review**, Cambridge, v. 73, n. 1, p. 181-201, 1998.

NIEMI, G. J.; MC DONALD, M. E. Application of ecological indicators, **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, Palo Alto, v. 35, p. 89-111, June 2004.

NUMMELIN, M. et al. Predatory insects as bioindicators of heavy metal pollution. **Environmental Pollution**, Ney York, v. 145, n. 1, p. 339-347, 2007.

OTTONETTI, L.; TUCCI, L.; SANTINI, G. Recolonization patterns of ants in a rehabilitated lignite mine in central Italy: Potential for the use of Mediterranean Ants as indicators of restoration processes. **Restoration Ecology**, Malden, v. 14, n. 1, p. 60-66, 2006.

PEREIRA, S. B. **Desprendimento e arraste do solo em decorrência do escoamento superficial**. 1999. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

PERES, M.T.L.P. et al. Potencial alelopático de espécies de Pteridaceae (Pteridophyta). **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 723-730, 2004.

POWELL, S.; BAKER, B. Os grandes predadores dos neotrópicos: comportamento, dieta e impacto das formigas de correição (Ecitoninae). In: VILELA, E. F. et al. (Ed.). **Insetos Sociais: da biologia á aplicação**. Viçosa, MG: UFV, 2008. 442 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna, 2005. Disponível em: < <http://www.R-project.org>>. Acesso em: 21 nov. 2010.

RATCHFORD, J. S. et al. The effects of fire, local environment and time on ant assemblages in fens and forests. **Diversity and Distributions**, Oxford, v. 11, n. 6, p. 487-497, 2005.

RANIERI, S. B. L. et al. Aplicação de índice comparativo na avaliação do risco de degradação das terras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 751-760, out./dez. 1998.

RIBAS, C.R. et al. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. **Austral Ecology**, Carlton, v. 28, n. 3, p. 305-314, 2003.

SCHMIDT, F. A.; DIEHL, E. What is the effect of soil use on ant communities? **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 37, n. 4, p. 381-388, 2008.

TER BRAAK, C. J. F. Ordination. In: JONGMAN, R. H. G et al. (Ed.) **Data analysis in community and landscape ecology**. Cambridge: Cambridge University, 1995. p. 91-173,

TROEH, F. R.; HOBBS, J. A.; DANAHUE, R. L. Soil and water conservation: for productivity and environmental protection. **Soil Science**, Islamabad, v. 132, n. 2, p. 189, 1981.

UEHARA-PRADO, M. et al. Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: A first approach in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, Cambridge, v. 142, n. 6, p. 1220-1228, 2009.

UNDERWOOD, E. C.; FISHER, B. L. The role of ants in conservation monitoring: if, when, and how. **Biological Conservation**, Cambridge, v. 132, n. 2, p. 166-182, 2006.

WILSON, E. O. **The insect societies**. Cambridge: Harvard University, 1971. 548 p.

WIRTH, R., W. et al. **The herbivory of leaf-cutting ants: a case study on *Atta colombica*** in the tropical rainforest of Panama. New York: Springer, 2003. 230p. (Ecological Studies, 164).

WOLTERS, V. Invertebrate control of soil organic matter stability. **Biology and Fertility of Soils**, Florença, v. 31, n. 1, p. 1-19, 2000.

WOODCOCK, B. A. Pitfall trapping in ecological studies. In: LEATHER, S. R. **Insect sampling in ecosystems forest**. Carlton: Blackwell publishing, 2005.

ANEXOS

Tabela 1A Espécies de formigas capturadas com “Pitfall” na área de Voçoroca (Braços: A, B, C) e entorno, no município de Itumirim-MG, 2010

Família Formicidae	Mata	A	B	C	Pastagem
Subfamília Dolichoderinae					
Dolichoderini					
<i>Linepithema</i> sp.1		x	x	x	x
<i>Linepithema</i> sp.2			x		x
<i>Tapinoma</i> sp.2	x	x		x	
<i>Tapinoma</i> sp.3				x	
Subfamília Ecitoninae					
Ecitonini					
<i>Eciton</i> sp.1			x		
<i>Eciton</i> sp.2	x				
Subfamília Formicinae					
<i>Nylanderia</i> sp.1		x			
Brachymyrmecini					
<i>Brachymyrmex</i> sp.1				x	x
Camponotini					
<i>Camponotus</i> sp.1			x	x	x
<i>Camponotus</i> sp.2		x			
<i>Camponotus</i> sp.3		x	x	x	x
<i>Camponotus</i> sp.4	x				
<i>Camponotus</i> sp.5	x				
<i>Camponotus</i> sp.6		x	x	x	x
<i>Camponotus</i> sp.7				x	
<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius, 1775)		x	x	x	
<i>Camponotus</i> sp.9				x	
<i>Camponotus</i> sp.10		x		x	x
<i>Camponotus</i> sp.11				x	
<i>Camponotus</i> sp.12		x			

Tabela 1A, continuação

Subfamilia Myrmicinae				
Attini				
<i>Acromyrmex</i> sp.1				X
<i>Atta sexdens rubropilosa</i> (Forel, 1908)	X			X
<i>Cyphomyrmex</i> sp.1				X
<i>Cyphomyrmex</i> sp.2				X
<i>Mycocerpurus</i> sp.1				X
<i>Mycocerpurus</i> sp.2				X
<i>Mycocerpurus</i> sp.3				X
Blepharidattini				
<i>Wasmannia</i> sp.1		X		
<i>Wasmannia</i> sp.2			X	
Cephalotini				
<i>Cephalotes</i> sp.1		X	X	
Crematogastrini				
<i>Crematogaster</i> sp.1			X	
<i>Crematogaster</i> sp.2			X	X
<i>Crematogaster</i> sp.3				X
Dacetoniini				
<i>Strumygenis</i> sp.1		X		
Pheidolini				
<i>Pheidole</i> sp.1	X	X		
<i>Pheidole</i> sp.2		X	X	X
<i>Pheidole</i> sp.3			X	
<i>Pheidole</i> sp.4		X	X	X
<i>Pheidole</i> sp.5			X	X
<i>Pheidole</i> sp.6		X		X
<i>Pheidole</i> sp.7	X			
<i>Pheidole</i> sp.8		X	X	X
<i>Pheidole</i> sp.9			X	
<i>Pheidole</i> sp.10	X			

Tabela 1A, conclusão

<i>Pheidole</i> sp.11	x			
<i>Pheidole</i> sp.12		x	x	x
<i>Pheidole</i> sp.13				x
<i>Pheidole</i> sp.14				x
<i>Pheidole</i> sp.15		x		
<i>Pheidole</i> sp.16		x		
<i>Pheidole</i> sp.17				x
Solenopsidini				
<i>Solenopsis</i> sp.1	x	x		
<i>Solenopsis</i> sp.2			x	x
<i>Solenopsis</i> sp.3				x
Subfamília ponerinae				
Ectatommini				
<i>Ectatomma edentatum</i> (roger, 1863)		x		x
<i>Ectatoma</i> sp.2				x
<i>Ectatoma</i> sp.3				x
<i>Gnamptogenys</i> sp.1				x
<i>Gnamptogenys striatula</i> (mayr, 1883)				x
<i>Gnamptogenys</i> sp.3				x
<i>Gnamptogenys</i> sp.4				x
<i>Gnamptogenys</i> sp.5			x	x
Ponerini				
<i>Hypoponera</i> sp.1		x		
<i>Hypoponera</i> sp.2		x	x	
<i>Hypoponera</i> sp.3			x	
<i>Odontomachus meinerti</i> (forel, 1905)		x		
<i>Odontomachus</i> sp.2		x		
<i>Pachycondyla obscuricornis</i> (wild, 2005)				x
<i>Pachycondyla villosa</i> (wild, 2007)				x
Subfamília pseudomyrmicinae				
Pseudomyrmecini				
<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (fabricius, 1804)				x
<i>Pseudomyrmex</i> sp.2				x