

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Instituto de Biociências

Departamento de Ecologia

Trabalho de Conclusão em Ciências Biológicas

**Como diferentes regimes de pastejo por bovinos afetam a
mirmecofauna em campo nativo no bioma Pampa?**

Murilo Zanini David

Orientadora: Dr^a. Luciana Regina Podgaiski

Porto Alegre

2016

Murilo Zanini David

**Como diferentes regimes de pastejo por bovinos afetam a
mirmecofauna em campo nativo no bioma Pampa?**

Trabalho de Conclusão apresentado à Comissão de Graduação do curso de Ciências Biológicas – Bacharelado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial e obrigatório para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Valério De Patta Pillar

MSc William Dröse

Prof^ª. Dr^ª. Luciana Regina Podgaiski

Porto Alegre, Novembro de 2016

Agradecimentos

Agradeço inicialmente aos meus pais, pela educação que me foi concedida e por minha formação moral.

À minha noiva Tatiana pela compreensão, amor e tempo dedicado.

À minha orientadora Dra. Luciana Regina Podgaiski pelo incentivo, paciência e por todos os valiosos ensinamentos ao decorrer do trabalho e de minha recente vida acadêmica, enfim, por principalmente, desde o início, me ensinar a ser cientista.

Ao meu excelentíssimo amigo MSc Rodrigo Baggio, pela imensa ajuda com as coletas e com toda a logística de campo em geral, pelos dados fornecidos e pela valiosa parceria de sempre.

Ao MSc. William Dröse, pela grande ajuda na identificação das formigas, e pelos conhecimentos nessa área que adquiri ao decorrer desse trabalho.

Ao Professor Dr. Milton de Souza Mendonça Jr. pela oportunidade de trabalhar por tantos anos no laboratório de ecologia de interações da UFRGS, e o uso dos materiais necessários à realização deste estudo, além é claro, do suporte fornecido.

Aos meus demais amigos e colegas de laboratório pela amizade.

Ao Professor Dr. Valério De Patta Pillar por coordenar e proporcionar o funcionamento do projeto PELD - Campo Sulinos, sem o qual este trabalho não poderia ser realizado

E por fim, ao CNPq pelo financiamento do projeto PELD – Campos Sulinos.

“In ants, as in human beings, sociability is predetermined. A newborn ant is too weak in its own to break the cocoon in which it is imprisoned. A human baby cannot even walk or feed itself on its own. Ants and human beings are species designed to be assisted by those around them and cannot or will not learn on their own. This dependence on adults is certainly a weakness but it sets in motion another process, the quest for knowledge. If adults can survive while the young cannot, the latter are obliged to ask their elders for knowledge from the start”

Edmond Wells

Encyclopedia of Relative and Absolute Knowledge

Manuscrito formatado conforme as normas da ABNT, NRB6022, sobre artigos científicos de maio de 2003.

Como diferentes regimes de pastejo por bovinos afetam a mirmecofauna em campo nativo no bioma Pampa?

Murilo Zanini David¹, Luciana Regina Podgaiski²
¹zanini.murilo@gmail.com, ²podgaiski@gmail.com

Resumo

A Pecuária por gado bovino é uma das principais atividades econômicas no Sul do Brasil, que, quando feita de forma extensiva sobre o campo nativo, pode ser usada como ferramenta na conservação dos ecossistemas campestres sul brasileiros. As formigas são, conhecidamente, excelentes bioindicadores de mudanças do hábitat em áreas submetidas a distúrbios. O pecuária por gado bovino é um tipo de distúrbio que afeta a estrutura da vegetação campestre por pastejo e pisoteio de diferentes formas conforme a intensidade e o tipo de manejo do campo. Avaliamos as respostas da mirmecofauna funcional e taxonômicamente em três diferentes tratamentos: (CC) conservativo contínuo, (C) convencional contínuo e (R) rotativo. Nos tratamentos contínuos (C) e (CC) foram delimitadas, ainda, as seguintes fisionomias campestres: Campos (ACG) alto com carqueja e/ou gravatá, (I) intermediário e (BU) baixo alagadiço. Para as coletas de formigas foi usada a metodologia de *bait traps*. Ao total foram identificadas 27 morfoespécies de formigas, dentre elas os gêneros mais frequentemente amostrados e ricos em espécies foram *Pheidole*, *Solenopsis* e *Camponotus*. O tratamento (CC) apresentou a menor diversidade funcional dentre os três tratamentos propostos. Nos tratamentos contínuos, a fisionomia que apresentou menor riqueza de espécies foi (BU). Os resultados indicam que o aumento da diversidade taxonômica parece estar ligado diretamente à estruturação do hábitat pela disponibilidade de nichos e redução da competição, enquanto que, a diversidade funcional aparenta responder apenas aos tratamentos, possivelmente relacionada a relações espécie-específicas.

Palavras-chave: Campos Sulinos. Formicidae. Diversidade funcional. Ecologia. Pastejo.

Introdução

Em uma perspectiva global, ecossistemas naturais abertos como campos, pradarias e savanas são usualmente convertidos em outros tipos de uso da terra, anualmente perdendo grandes extensões de área para empreendimentos agrícolas, silviculturais e expansão urbana (Pillar & Vélez, 2010; Wittig et al, 2010). Assim, têm sua biodiversidade, processos ecossistêmicos e serviços ambientais extremamente ameaçados. Distúrbios como o pastejo e o fogo são comuns e diretamente associados a esses ecossistemas, contribuindo para a conservação de sua fisionomia, removendo biomassa vegetal e garantindo sua biodiversidade. Nesse sentido, os níveis desses distúrbios devem ser gerenciados para evitar a degradação (e.g. distúrbios muito intensos poderiam ocasionar perda de diversidade, ao passo que pouco distúrbio, poderia levar ao crescimento da biomassa, grande dominância de algumas plantas ou até conversão para uma vegetação florestal) (Watkinson & Ormerod, 2001). Vários trabalhos (Dresseno & Overbeck, 2013; Overbeck et al, 2007; Pillar & Vélez, 2010) consideram problemática a ausência total de tais atividades nos campos, evidenciando sua relevância na manutenção da dinâmica desses ecossistemas.

No bioma Pampa, que compreende os campos da região do extremo sul do Rio Grande do Sul, havia em 2006, 4,9 milhões de hectares de pastagens naturais, que ofertavam forragem para quase 13 milhões de bovinos (IBGE, 2006). O Pampa possui a menor representatividade no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), apenas 0,4% da área continental brasileira nesse bioma é protegida por unidades de conservação, 3,3% de sua área total, com uma meta estabelecida para 2020 de 17% (MMA, 2016). De acordo com ICMBio (2007), 34,3 milhões de hectares do bioma Pampa são considerados de extrema importância do ponto de vista de conservação. Desde a colonização ibérica, a pecuária extensiva sobre os campos nativos tem sido a principal atividade econômica da região que, além de proporcionar resultados econômicos importantes, tem permitido a conservação dos campos (MMA, 2016). Segundo a FZB (2012) 48,5% bioma Pampa está em propriedades privadas com uso preponderante de pastoreio extensivo em condições de campos nativos. Esses dados evidenciam claramente a relevância que a pecuária possui na conservação dos Campos Sulinos, e ressalta a importância de essa atividade econômica ser feita de modo sustentável, de forma a conciliar o processo produtivo e a conservação da biodiversidade.

Para que exista conservação do campo associado ao uso sustentável da terra, é necessário entender de que maneira as ações tomadas, visando fins econômicos, afetam o ecossistema campestre gaúcho. Ao reconhecer padrões ambientais sensíveis a distúrbios, e seu respectivo efeito sobre a biota, é possível monitorar com maior precisão os efeitos por eles gerados sobre o ecossistema (Ribas et al, 2011). Diversos trabalhos citam os artrópodes, e mais especialmente as formigas, como bons bioindicadores de mudanças na estrutura e composição da comunidade vegetal de áreas sob regime de pastejo (Underwood & Fisher, 2006; Read & Andersen, 2000; Boulton et al, 2005). Formigas são excelentes forrageadores, desempenhando um papel crítico no *turnover* e estruturação do solo, ciclagem de nutrientes e dispersão de sementes (Correia & Oliveira, 2006; Underwood & Fisher, 2006). O gado afeta a estrutura e a composição da vegetação campestre através do pastejo e do pisoteio (Nabinger et al, 2009; Adler et al, 2001) podendo trazer mudanças nos recursos (e.g. riqueza de espécies de plantas) e condições (e.g. altura e biomassa vegetal) do habitat para a mirmecofauna (Calcaterra et al, 2010; Read & Andersen, 2000).

Em uma revisão recente da literatura, avaliando as respostas das formigas ao pastejo, Hoffmann (2010), verificou que o distúrbio por pastejo geralmente induz mudanças na composição de espécies da mirmecofauna, não necessariamente afetando a riqueza e a abundância da mesma. Nesta perspectiva, é interessante usar, além de métricas tradicionais de descrição da biodiversidade (e.g. abordagem taxonômica), uma abordagem também funcional, baseada em atributos morfológicos, como nos estudos de Wiescher et al (2012) e Kaspari et al (1999). Esta perspectiva visa uma análise complementar mais ampla, que objetive explorar melhor os possíveis efeitos desse tipo de distúrbio sobre o campo nativo através da mirmecofauna.

Este projeto faz parte de um estudo ecológico de longa duração (PELD Campos Sulinos) coordenado pelo Professor Dr. Valério De Patta Pillar no Departamento de Ecologia da UFRGS, que objetiva, entre outros, compreender os efeitos no manejo pastoril sobre a biodiversidade e processos ecológicos no Rio Grande do Sul. A partir de uma abordagem experimental, avaliam-se áreas sob três regimes de pastejo:

- PASTEJO CONVENCIONAL CONTÍNUO (C): Regime de pastejo contínuo tradicional na região, carga animal determinada pelo produtor.
- PASTEJO CONSERVATIVO CONTÍNUO (CC): Regime de pastejo contínuo considerado sustentável, com carga animal ajustada sistematicamente conforme a disponibilidade de biomassa vegetal.
- PASTEJO ROTATIVO (R): Regime de pastejo conservativo, com ajuste análogo da carga animal conforme a biomassa vegetal, mas com rotação de animais em sub-parcelas.

As expectativas do projeto são de que, em regimes pastoris contínuos, exista uma maior heterogeneidade de habitats campestres para a fauna de invertebrados. Segundo Adler et al. (2001) pastejadores são seletivos quanto sua alimentação no que se refere a fatores como: (1) qualidade do recurso, (2) palatabilidade da vegetação e (3) acessibilidade do recurso. Isso geraria um campo heterogêneo com manchas de diferentes tipos de vegetação, sujeitas à preferência ou não do gado (e.g. manchas com campo alto, indicando rejeição pelo gado e manchas com campo baixo, indicando preferência). Em contrapartida, o manejo pastoril realizado de forma rotativa, diminuiria a heterogeneidade do campo, reduzindo a oferta de pasto para escalas menores da paisagem, obtendo uma utilização mais uniforme da forragem, e muitas vezes melhorando a produção (Fuhlendorf et al, 2001). No entanto, em uma recente revisão na literatura (van Klink et al, 2015) demonstra que no pastejo rotativo, ao intercalar momentos de pastoreio e de repouso do ambiente campestre, em uma escala maior, acabaria por gerar um aumento da heterogeneidade temporal e espacial de habitats, sendo uma ótima ferramenta na conservação da biodiversidade de artrópodes, aliando o processo produtivo e conservativo. Nesta perspectiva, o aumento da heterogeneidade espacial em ambientes moderadamente perturbados promove a diversificação de nichos e a maior riqueza de espécies coexistentes, aumentando a diversidade de microhabitats, o que está diretamente relacionado à mirmecofauna (Boomsma & Van Loon, 1982; Graham et al, 2009). Assim, compreender a dinâmica das comunidades de formigas nos ecossistemas campestres sob diferentes regimes de pastejo, pode indicar as condições que propiciam a conservação da biodiversidade nativa do bioma Pampa, promovendo alternativas para seu uso sustentável.

1 Objetivos

1.1 Objetivo geral

Avaliar de que forma a mirmecofauna é afetada por diferentes regimes de pastejo nos campos do Bioma Pampa, fornecendo subsídios para a compreensão do ecossistema campestre do extremo Sul do Brasil bem como sua conservação.

1.2 Objetivos específicos

- Analisar os efeitos de diferentes ofertas de recursos (e.g. riqueza de plantas) e condições (e.g. altura da vegetação) em regimes de pastejo contínuo convencional e conservativo, sobre a diversidade taxonômica e funcional de formigas.
- Considerando a dinâmica de distúrbio, descanso e regeneração de áreas sob pastejo rotativo, avaliar como a mirmecofauna responde a mudança de recursos e condições ao longo do tempo.

- Comparar a diversidade taxonômica e funcional de formigas entre tratamentos pastoris (manejo convencional e manejo conservativo: contínuo e rotativo, e manejo rotativo), investigando qual manejo conserva maior diversidade.

2 Metodologia

2.1 Experimento

A amostragem foi realizada no município de Aceguá, RS em uma propriedade chamada *Cabanha Cinco Salsos*, pertencente a Claudio Nery Martins. Nesse em 160 hectares, há um experimento previamente instalado, que avalia diferenças na vegetação e produtividade do gado entre os três diferentes tratamentos propostos pelo PELD-Campos Sulinos ao longo do tempo. Os tratamentos funcionam sob as seguintes posições:

- Convencional contínuo (C): Não há regulação da carga animal por parte da equipe de pesquisa do PELD, a decisão fica a cargo do produtor.
- Conservativo contínuo (CC): Regime de pastejo aberto no qual o gado circula livremente na área delimitada, selecionando na mesma, as áreas de sua preferência. Para delimitar a carga animal da parcela, é utilizada a disponibilidade de forragem de 3 a 4 kg de matéria seca para cada kg peso vivo bovino por hectare, de acordo com o método proposto por Sollenberger et al (2005).
- Pastejo Rotativo (R): Regime de pastejo no qual uma área, semelhante à dos outros tipos de regime, é subdividida em 8 sub-parcelas (potreiros) nas quais há uma rotação dos animais. Como base para o método, é utilizada a soma de 500 graus-dia de acordo com Barbieri et al (2014), e a mesma disponibilidade de forragem do método anterior.

No experimento, há três blocos que reproduzem os tratamentos (regimes de pastejo), correspondendo a três réplicas de cada tratamento no local. Dentro dos blocos, existem 285 parcelas permanentes, medindo 0,25 m por 1,60 m, onde são amostrados anualmente dados sobre a vegetação campestre. Para as amostragens de formigas e descritores de habitat, foram selecionadas 12 parcelas em cada tratamento contínuo, e 16 parcelas em cada rotativo (duas parcelas em cada potreiro), totalizando 40 por bloco, e 120 parcelas no total. Nas parcelas selecionadas, foram instaladas as estações para amostragem das comunidades de formigas. Dois blocos do experimento foram amostrados em dezembro de 2015 e um bloco em janeiro de 2016).

2.2 Formigas

Para a coleta das formigas, foram usadas armadilhas de isca (*bait traps*). Cada *bait trap*, corresponde a um *eppendorf* de 15 ml, contendo no fundo um algodão embebido em uma solução açucarada feita com mel e comida de gato sabor atum, que ficou exposta por 1h (uma hora) no campo e após, recolhida. Quatro *bait traps* (BT) foram distribuídas em cada parcela permanente de vegetação, dispostas 40 cm entre si, e 20 cm da borda da parcela (1,60m), correspondendo a uma estação de coleta, conforme o seguinte diagrama:

[20cm - **BT** – 40 cm – **BT** – 40 cm – **BT** – 40cm – **BT** – 20cm]

Após o recolhimento das amostras, as formigas foram separadas das iscas e conservadas em álcool 80% em potes devidamente identificados. Em laboratório, foram

identificadas até o nível taxonômico de morfo-espécie, e montadas em alfinetes entomológicos. Posteriormente, o material incorporará a coleção mirmecológica do Laboratório de Ecologia de Interações da UFRGS.

2.3 Atributos funcionais

Atributos funcionais vêm sendo utilizados como descritores das comunidades de artrópodes, pois refletem a forma com que os organismos exploram e utilizam os recursos disponíveis no ambiente modificando-o e sendo modificados por ele (Retana et al, 2015; Chown & Gaston, 2010). Para a mirmecofauna, são conhecidas algumas relações métricas entre a morfologia e a funcionalidade dos indivíduos e espécies dentro do ecossistema. O artigo de Gibb & Parr (2010) evidencia que o tamanho corporal de uma formiga parece ser relacionado ao seu tipo de hábito de forrageamento (e.g. formigas maiores estariam relacionadas a ambientes menos complexos, e teriam hábitos mais agressivos na dominância dos recursos). Wiesher et al (2012) e Parr et al (2003) encontraram forte correlação entre o tamanho da cabeça da formiga e a biomassa e tamanho corporal da mesma. A teoria de Kaspari et al (1999), *Grain size hypothesis*, corroborada pelos autores supracitados, propõe uma relação entre a complexidade do habitat e o tamanho dos apêndices corporais (e.g. formigas com apêndices relativos menores estariam relacionadas a habitats mais complexos por locomoverem-se facilmente entre as aberturas na estrutura da vegetação, enquanto as formigas com apêndices relativos maiores se relacionariam com habitats menos complexos, pela facilidade de locomoção no ambiente aberto). Outros atributos, como tamanho dos olhos, nas formigas, aparentemente relacionam-se ao seu hábito (e.g. noturno ou diurno, forrageamento na superfície ou debaixo da terra) e a sua eficiência de forrageamento (Bernstein & Finn, 1971; Moser et al, 2004). Objetivando compreender como a diversidade de atributos funcionais da mirmecofauna é afetada pelo ambiente, mediado pelo distúrbio por pastejo, cinco indivíduos de cada morfoespécie de formiga tiveram atributos morfológicos funcionais mensurados: comprimento da cabeça (*proxy* para o tamanho corporal), comprimento do escapo antenal e tamanho do fêmur (apêndices), e diâmetro maior dos olhos. Os apêndices e os olhos foram relativizados pelo tamanho da cabeça das formigas.

2.4 Variáveis descritoras das comunidades de formigas

Como variáveis descritoras das comunidades de formigas foram utilizadas: riqueza de espécies (e.g. número de espécies) e diversidade funcional morfológica. Para o cálculo da diversidade funcional por estação de coleta, foi utilizado o índice de Rao (Rao, 1982) que estima um valor de diversidade funcional com base na dissimilaridade entre morfoespécies quanto aos seus atributos morfológicos, ponderada pela proporção de indivíduos em cada morfoespécie, somada para todas as comparações entre pares de morfoespécies. O índice de Rao foi calculado no software FDiversity (Casanoves, 2011)

2.5 Variáveis descritoras do habitat

Nas parcelas permanentes de amostragem dos regimes de pastejo contínuos (C e CC) foram coletadas variáveis representantes da estrutura de micro-habitat: altura média e desvio padrão da altura da vegetação, riqueza de plantas e percentual de gramíneas e de outras plantas não-graminoides (ervas). A fisionomia dos micro-habitats de cada parcela foi classificada em categorias de acordo com presença de arbustos, relevo, proximidade da água e pastejo: (1) Campos altos com carqueja e/ou gravatá - ACG, (2) Campos baixos e úmidos (alagadiços) – BU, e (3) Campos intermediários - I, com

menor complexidade de habitat (menos arbustos) e menor elevação do relevo em relação a ACG, e maior distanciamento da água em relação a BU.

2.6 Recursos e Condições

Para que os organismos possam manter-se em um determinado ambiente, é necessário que tolerem as condições impostas pelo mesmo, e que seus recursos essenciais estejam disponíveis (Townsend et al, 2009). Nesta perspectiva, Jones et al (2016) afirmam que as relações entre formigas e plantas estão imersas em uma série de fatores bióticos (recursos) mediadas pelos fatores abióticos (condições), importantes na manutenção dessas populações. (Andersen, 1995) demonstra que, para além de um recurso, a estrutura da vegetação é uma condição importante para a mirmecofauna por se tratar de um parâmetro responsável pela manutenção do microclima para as formigas e demais artrópodes. Para avaliar os efeitos dos recursos e condições sobre as comunidades de formigas amostradas, foram utilizadas as variáveis de riqueza de plantas e percentual de ervas (não gramíneas), sendo indicadoras (*proxy*) de recursos disponíveis, assim como o desvio padrão, a altura média da vegetação e suas fisionomias representam *proxy* de condições do habitat para a mirmecofauna.

2.7 Dinâmica de distúrbio e descanso

No tratamento rotativo, usamos a variável “tempo de descanso”, que corresponde ao tempo decorrido desde o último pastejo da sub-parcela, como um *proxy* para as variáveis relativas à vegetação (riqueza, altura média e biomassa), pressupondo a existência de uma homogeneização da vegetação correspondente ao seu intervalo de distúrbio/descanso (ausência de pastejo) do campo em cada potreiro. Plantas sob regime de pastejo alocam recursos mais rapidamente para recuperar a biomassa perdida durante um distúrbio (Oesterheld & McNaughton, 1991). Assim, para o presente estudo, assumiu-se que o tempo de descanso do campo seria diretamente proporcional ao aumento da biomassa e complexidade estrutural no campo e, portanto, proporcional à disponibilidade de recursos para a mirmecofauna. Segundo van Klink et al (2013) estruturas mais complexas da vegetação diminuem a temperatura possibilitando a termorregulação de algumas espécies de artrópodes, ao passo que, ambientes menos complexos acabam por gerar um aumento na temperatura, possibilitando a outras espécies a sobrevivência no ambiente. Para avaliar os efeitos desse gradiente de tempo sobre a mirmecofauna, foi usada a dinâmica proposta pelo tratamento rotativo. Ao potreiro onde o gado se encontrava foi atribuído o tempo (em dias) 0 (zero), ao anterior da sequência, o tempo 3,5 dias, ao outro, 7 dias, e assim por diante até o 8º potreiro da sequência, totalizando 24,5 dias de descanso do tempo, para uma rotação completa do tratamento.

2.8 Análises estatísticas

1º Objetivo: Para compreender o efeito desencadeado pelas diferentes ofertas de recursos e condições sobre as variáveis preditoras das comunidades de formigas em campos com pastejo contínuo, foram feitas regressões múltiplas stepwise (seleção backward) usando seleção de modelos com critério AIC, no software R (R-Core-Team, 2015). Modelos completos consideraram as seguintes variáveis de habitat por estação de coleta: altura média da vegetação, desvio padrão da altura, riqueza de plantas e percentual de ervas. Para avaliar os efeitos das diferentes fisionomias campestres sobre as diversidades funcional e taxonômica foram usadas análises de variância (ANOVA) no software Past (Hammer et al, 2001).

2º Objetivo: Para avaliar como a mirmecofauna responde a mudança de recursos e condições ao longo do tempo no tratamento rotativo foram utilizadas análises de regressão simples, também no software Past, entre variáveis resposta das comunidades de formigas e tempo de descanso de cada potreiro pós distúrbio como variável preditora.

3º Objetivo: Para comparar os três tratamentos pastoris distintos quanto às variáveis resposta de formigas foram utilizadas análises de variância em bloco (ANOVA) no software FDiversity (Casanoves, 2011).

3 Resultados

3.1 Descrição das comunidades de formigas

Entre todas as unidades amostrais, 26.25% das armadilhas apresentaram abstenção total de formigas. No restante, foram coletados 2983 indivíduos, totalizando 27 morfoespécies distribuídas em 12 gêneros, sendo as mais abundantes: *Pheidole* (55,6%, 6 spp.), *Solenopsis* (13,3%, 6 spp.) e *Camponotus* (12,1%, 3 spp.). Das 27 morfoespécies encontradas, a mais recorrentemente amostrada foi *Camponotus* sp.1 presente em (24,2%) das BT, em todos os tratamentos e fisionomias. Já a espécie mais abundante foi *Pheidole* sp.4 com 503 indivíduos coletados. As morfoespécies *Cyphomyrmex* sp.1, *Dorymyrmex* sp.1 e *Tapinoma* sp.1 foram *singletons*, tendo apenas uma ocorrência na totalidade das coletas. A riqueza de morfoespécies variou entre 0 e 6 por BT, revelando uma comunidade aparentemente pouco diversa e bem distribuída entre os blocos e tratamentos. Foi encontrada uma correlação muito alta entre a riqueza de espécies e a frequência de ocorrência das formigas em cada parcela (correlação de Pearson, $r=0.761$; $P<0.01$)

3.2 Efeito de recursos e condições

As análises sugeriram uma associação positiva marginalmente significativa entre a riqueza de formigas e o desvio padrão da altura da vegetação nas parcelas (AIC=33.2, $r^2=0.03321$, $p=0.0679$; Figura 2A).

Para a diversidade funcional de formigas, o modelo explicativo selecionado foi aquele levando em consideração o percentual de ervas e a riqueza de plantas (AIC=-333.8, $r^2=0.02887$, $p=0.142$). Neste modelo, somente o percentual de ervas apresentou relação negativa significativa com a diversidade funcional de formigas ($F_{1, 66}=4.00$; $p=0.049$) (Figura 5). Pôde-se observar também, que a riqueza de formigas apresentou certa tendência à diferenciação entre as fisionomias, mesmo que apenas marginalmente significativo ($F_{2, 69}=3.582$, $p=0.0831$) sendo BU a que apresentou menor riqueza (Figura 2B). Enquanto que a diversidade funcional não respondeu as mesmas ($F_{2, 69}=2.931$, $p=0.1516$).

3.3 Efeitos do tempo de descanso no pastejo rotativo

Nas análises do tratamento Rotativo não foi possível observar diferenças significativas entre os diferentes tempos de descanso dos poteiros, tanto na diversidade taxonômica (regressão simples, $r^2=0.022$, $p=0.3052$) quanto na diversidade funcional de formigas (regressão simples, $r^2=0.003$, $p=0.6967$). (Figura 4)

3.4 Efeitos dos tratamentos

Dos tratamentos de manejo pastoril analisados, o que apresentou em média o maior número de morfoespécies foi C com média de 13.33 espécies, seguido do R e CC, com média de 12,66 e 11,33 espécies respectivamente. No entanto, essa diferença não foi

suportada estatisticamente (ANOVA, $F_{2, 109}$, $p= 0.2255$; Figura 3A). Funcionalmente, os três tratamentos diferiram entre si (ANOVA, $F_{2, 109}$, $p=0.0377$) sendo que CC o que apresentou menor diversidade funcional do que os outros tratamentos (Figura 3B).

4 Discussão

4.1 Efeitos de recursos e condições

Nossos resultados sugerem que a mirmecofauna parece estar respondendo a diferenças nas condições do habitat, sendo mais diversa em espécies nos ambientes mais complexos estruturalmente (com maior variação na altura da vegetação). Observando a Figura 2A, é possível notar que, embora em ambientes menos heterogêneos, tenhamos encontrado valores de riqueza que variam entre zero e 5 spp. por parcela, com o aumento na variação da altura da vegetação, evidencia-se uma prevalência de valores acima de três spp. O resultado sugere que, nesse ecossistema, essa variação funcionaria como um filtro ambiental (e.g. ambientes menos heterogêneos podem não comportar um grande número de spp. pela insuficiência de nichos). Os resultados obtidos corroboram com proposto por van Klink et al. (2015), em que ambientes de vegetação mais heterogênea (complexos) tendem a possuir um maior número de nichos disponíveis para artrópodes, acabando por reduzir a competição por recursos e, em consequência disso, aumentar a diversidade de espécies coexistentes. Dessa forma, embora, durante esse estudo, a variação da altura da vegetação tenha sido selecionada como *proxy* de uma condição do habitat para a mirmecofauna, regulando o microclima e a própria condição física do ambiente para as formigas, é evidente que a estrutura da vegetação a qual ela representa está diretamente ligada à oferta de recursos disponíveis para esses organismos, dificilmente sendo possível dissociar a natureza dessa variável em relação a essas comunidades.

No tocante à diversidade funcional, a mirmecofauna parece não diferenciar-se em ambientes que apresentam maior percentual de ervas. Segundo Bihn et al (2010) a variação de determinados atributos funcionais de uma espécie de formiga pode não refletir em características físicas do ambiente, estando mais ligada às interações inseto-planta espécie-específicas, visando a utilização dos recursos. Tal resultado foi corroborado por nosso estudo, no qual houve uma diminuição da diversidade funcional em relação ao percentual de ervas. No entanto, sendo, dentro de nosso trabalho, o percentual de ervas uma generalização para a vegetação não graminoide, e tendo em vista que a guilda das ervas representa o maior percentual da riqueza de espécies vegetais em ambientes campestres (Hayes & Holl, 2003), assim como dito no estudo dos autores, a classificação de guilda pode vir a ocultar possíveis efeitos espécie-específicos quando relaciona-se com outras variáveis ambientais. Nesta perspectiva, o estudo ainda carece de análises que possam identificar exatamente quais são os fatores que levam a esse padrão de heterogeneidade funcional da mirmecofauna, investigando a composição de espécies vegetais relacionada às formigas.

Quanto às fisionomias analisadas, os dados apontam para uma diferenciação entre os campos baixos e alagadiços e seus pares campos alto com carqueja e gravatá e intermediário, mostrando claramente uma menor riqueza de formigas nas áreas que inundam com mais frequência. Já é conhecido na literatura que áreas usualmente inundadas tendem a ter uma menor diversidade de espécies em uma escala local (Canepuccia, 2009; Mertl, 2011) pois nelas existe uma menor diversidade de plantas, adaptadas às condições de alta umidade. Sabe-se também, que formigas que nidificam

no solo, ou que estão associadas à vegetação de baixo porte, relacionam-se negativamente a áreas sujeitas à inundação (Majer & Delabie, 1994). Assim, os resultados obtidos sugerem que a diminuição do número de espécies de formigas nas áreas alagadiças vem, não só da menor oferta de recursos (pela baixa diversidade de plantas) mas também da água, agindo como um fator físico condicionante para o estabelecimento das colônias.

4.2 Efeitos do tempo de descanso no pastejo rotativo

Quanto aos efeitos do tempo de descanso sob o regime de pastejo rotativo sobre a mirmecofauna, não foram encontradas relações quanto às diversidades funcional e taxonômica. Segundo Read & Andersen (2000) tanto funcionalmente quanto taxonomicamente podem haver variações quanto à resposta das comunidades de formigas ao distúrbio por pastejo, (e.g. algumas espécies e grupos funcionais respondem rapidamente, sendo excelentes bioindicadores, outros são, simplesmente, pouco afetados ou indiferentes à presença do gado no ambiente). No presente estudo, o tratamento rotativo pareceu não afetar a mirmecofauna de forma geral, a mesma mantendo-se residente no ambiente mesmo frente à coexistência dos bovinos, isso pode significar a existência de uma comunidade de formigas potencialmente resistente ao distúrbio por pastejo, e simultaneamente resiliente, dada a indiferenciação entre os tempos de descanso do campo nos diferentes poteiros quanto à mirmecofauna. É possível, no entanto, que com o aumento da carga animal nos tratamentos, essas comunidades de formigas desencadeiem algum tipo de resposta ao distúrbio.

4.3 Efeitos dos tratamentos

Não foram encontradas diferenças na diversidade taxonômica de formigas entre os manejos pastoris propostos durante o estudo. Ainda que na revisão de van Klink et al (2015) tenha sido encontrada, de forma geral, uma associação negativa entre o pastejo e a diversidade de artrópodes, os autores também afirmam, corroborando com o encontrado no trabalho de Joern & Laws (2013) que é difícil identificar padrões na resposta da diversidade taxonômica das comunidades de artrópodes sob distúrbio de pastejo, tornando impossível uma generalização para o fenômeno em nível global, por existirem diversas variáveis, diretas e indiretas, envolvidas nessa relação e que são únicas em cada local.

No manejo conservativo contínuo a mirmecofauna mostrou-se, no tocante aos atributos mensurados, morfológicamente mais semelhante entre si em comparação aos demais tratamentos. Sabe-se que o pastejo, especialmente em manejos pastoris abertos, tende a gerar uma maior heterogeneidade biótica e abiótica (van Klink et al, 2015; Adler et al, 2001), mas também se sabe que ambientes mais complexos estruturalmente tendem a apresentar formigas menores (Wiescher et al, 2012; Gibb & Parr, 2010; Kaspari et al, 1999). É possível que o manejo conservativo contínuo tenha agido, dessa forma, como um filtro ambiental, selecionando as formigas menores, sem, no entanto, reduzir sua diversidade taxonômica. Nesta perspectiva, é importante que sejam feitas outras análises funcionais, como o CWM (*community-weighted mean traits*), afim de explorar não apenas a diversidade funcional morfológica por tratamento, mas como, especificamente, o tamanho das formigas relaciona-se com o habitat e os tratamentos propostos.

Considerações Finais

O presente estudo é o primeiro a realizar uma avaliação dos atributos funcionais morfológicos da mirmecofauna no Pampa gaúcho, integrando também a dinâmica de uso da terra de uma das atividades mais comuns da região, que é a pecuária por gado bovino. Por essa razão, é importante ressaltar que as análises usadas neste primeiro estudo são simples e de caráter exploratório. No entanto, em linhas gerais, aparentemente a diversidade de formigas é afetada primordialmente pelas condições do ambiente, respondendo principalmente à estruturação do habitat, que por sua vez, é modificada pelo distúrbio de pastejo, enquanto que a diversidade funcional parece responder apenas quanto aos tratamentos propostos, estando, possivelmente, ligada a relações espécie-específicas com as plantas na busca por recursos, não necessariamente relacionando-se diretamente à estruturação do ambiente. Mais análises estão sendo feitas objetivando o esclarecimento e investigação mais detalhada das relações entre a mirmecofauna e a vegetação campestre, em seus caracteres taxonômicos e funcionais, sob diferentes manejos pastoris, através do projeto PELD, na busca pela compreensão e conservação dos Campos Sulinos.

Referências

- ADLER, P.; RAFF, D.; LAUENROTH, W. The effect of grazing on the spatial heterogeneity of vegetation. **Oecologia**, v. 128, n. 4, p. 465-479, 2001.
- ANDERSEN, Alan N. A classification of Australian ant communities, based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. **Journal of biogeography**, p. 15-29, 1995.
- ANDERSEN, Alan N. et al. Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. **Journal of Applied Ecology**, v. 39, n. 1, p. 8-17, 2002.
- AR, Watkinson; SJ, Ormerod. Grasslands, grazing and biodiversity: editors' introduction. **Journal of applied ecology**, v. 38, n. 2, p. 233-237, 2001.
- BARBIERI, Cezar Wancura et al. Sward structural characteristics and performance of beef heifers reared under rotational grazing management on campos grassland. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, n. 7, p. 1020, 2014.
- BEHLING, Hermann et al. Dinâmica dos campos no sul do Brasil durante o Quaternário Tardio. **CAMPOS SULINOS**, p. 13, 2009.
- BIHN, Jochen H.; GEBAUER, Gerhard; BRANDL, Roland. Loss of functional diversity of ant assemblages in secondary tropical forests. **Ecology**, v. 91, n. 3, p. 782-792, 2010.
- BERNSTEIN, S.; FINN, C. Ant compound eye: size-related ommatidium differences within a single wood ant nest. **Experientia**, v. 27, n. 6, p. 708-710, 1971.
- BOOMSMA, J. J.; VAN LOON, A. J. Structure and diversity of ant communities in successive coastal dune valleys. **The Journal of Animal Ecology**, p. 957-974, 1982.
- BOULTON, April M.; DAVIES, Kendi F.; WARD, Philip S. Species richness, abundance, and composition of ground-dwelling ants in northern California grasslands: role of plants, soil, and grazing. **Environmental entomology**, v. 34, n. 1, p. 96-104, 2005.
- BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Censo agropecuário**, 2006.
- BRASIL, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2007.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, 2016.
- CANEPUCCIA, Alejandro D. et al. Differential responses of marsh arthropods to rainfall-induced habitat loss. **Zoological Studies**, v. 48, n. 2, p. 174-183, 2009
- CASANOVA, Fernando et al. FDiversity: a software package for the integrated analysis of functional diversity. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 2, n. 3, p. 233-237, 2011.
- CHOWN, Steven L.; GASTON, Kevin J. Body size variation in insects: a macroecological perspective. **Biological Reviews**, v. 85, n. 1, p. 139-169, 2010.
- CORREIA, Maria Elizabeth Fernandes; OLIVEIRA, LCM de. Importância da fauna de solo para a ciclagem de nutrientes. **Processos biológicos no sistema solo-planta:**

ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 77-99, 2005.

PILLAR, Valério D.; VÉLEZ, Eduardo. Extinção dos Campos Sulinos em unidades de conservação: um fenômeno natural ou um problema ético?. 2010.

DRESSENO, André Luís Pereira; OVERBECK, Gerhard Ernst. Estrutura e composição de um relicto de vegetação campestre em uma matriz urbana: potencial e desafios para a conservação. **Iheringia. Série Botânica.**, v. 68, n. 1, p. 59-71, 2013.

FUHLENDORF, Samuel D.; ENGLE, David M. Restoring Heterogeneity on Rangelands: Ecosystem Management Based on Evolutionary Grazing Patterns We propose a paradigm that enhances heterogeneity instead of homogeneity to promote biological diversity and wildlife habitat on rangelands grazed by livestock. **BioScience**, v. 51, n. 8, p. 625-632, 2001.

GARRIDO, José L. et al. Geographical variation in diaspore traits of an ant-dispersed plant (*Helleborus foetidus*): are ant community composition and diaspore traits correlated? **Journal of Ecology**, v. 90, n. 3, p. 446-455, 2002.

GIBB, H.; PARR, C. L. How does habitat complexity affect ant foraging success? A test using functional measures on three continents. **Oecologia**, v. 164, n. 4, p. 1061-1073, 2010.

GRAHAM, John H. et al. Species richness, equitability, and abundance of ants in disturbed landscapes. **Ecological Indicators**, v. 9, n. 5, p. 866-877, 2009.

GREENSLADE, P. J. M. et al. The use of baits and preservatives in pitfall traps. **Australian Journal of Entomology**, v. 10, n. 4, p. 253-260, 1971.

HAMMER, Ř., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D.. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. 2001. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.html

HAYES, Grey F.; HOLL, Karen D. Cattle grazing impacts on annual forbs and vegetation composition of mesic grasslands in California. **Conservation Biology**, v. 17, n. 6, p. 1694-1702, 2003.

HOFFMANN, Benjamin D. Using ants for rangeland monitoring: global patterns in the responses of ant communities to grazing. **Ecological Indicators**, v. 10, n. 2, p. 105-111, 2010.

JONES, Ian M. et al. Changing light conditions in pine rockland habitats affect the intensity and outcome of ant–plant interactions. **Biotropica**, 2016.

JOERN, Anthony; LAWS, Angela N. Ecological mechanisms underlying arthropod species diversity in grasslands. **Annual review of entomology**, v. 58, p. 19-36, 2013.

KASPARI, M.; WEISER, M. D. The size–grain hypothesis and interspecific scaling in ants. **Functional Ecology**, v. 13, n. 4, p. 530-538, 1999.

LASSAU, Scott A.; HOCHULI, Dieter F. Effects of habitat complexity on ant assemblages. **Ecography**, v. 27, n. 2, p. 157-164, 2004.

MERTL, Amy L.; RYDER WILKIE, Kari T.; TRANIELLO, James FA. Impact of flooding on the species richness, density and composition of Amazonian litter-nesting ants. **Biotropica**, v. 41, n. 5, p. 633-641, 2009.

- MAJER, J. D.; DELABIE, J. H. C. Comparison of the ant communities of annually inundated and terra firme forests at Trombetas in the Brazilian Amazon. **Insectes Sociaux**, v. 41, n. 4, p. 343-359, 1994.
- MOSER, John C. et al. Eye size and behaviour of day-and night-flying leafcutting ant alates. **Journal of Zoology**, v. 264, n. 01, p. 69-75, 2004.
- NABINGER, Carlos et al. Produção animal com base no campo nativo: aplicações de resultados de pesquisa. **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, p. 175-197, 2009.
- OESTERHELD, M.; MCNAUGHTON, S. J. Effect of stress and time for recovery on the amount of compensatory growth after grazing. **Oecologia**, v. 85, n. 3, p. 305-313, 1991.
- OVERBECK, Gerhard E. et al. Brazil's neglected biome: the South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 9, n. 2, p. 101-116, 2007.
- PARR, Z. J. E.; PARR, C. L.; CHOWN, S. L. The size-grain hypothesis: a phylogenetic and field test. **Ecological Entomology**, v. 28, n. 4, p. 475-481, 2003.
- PILLAR, V. de P. **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Ministério do Meio Ambiente, 2009.
- RAO, C. Radhakrishna. Diversity and dissimilarity coefficients: a unified approach. **Theoretical population biology**, v. 21, n. 1, p. 24-43, 1982.
- READ, John L.; ANDERSEN, Alan N. The value of ants as early warning bioindicators: responses to pulsed cattle grazing at an Australian arid zone locality. **Journal of Arid Environments**, v. 45, n. 3, p. 231-251, 2000.
- RETANA, Javier; ARNAN, Xavier; CERDÁ, Xim. A multidimensional functional trait analysis of resource exploitation in European ants. **Ecology**, v. 96, n. 10, p. 2781-2793, 2015.
- RIBAS, Carla R. et al. Ants as indicators in Brazil: a review with suggestions to improve the use of ants in environmental monitoring programs. **Psyche: A Journal of Entomology**, v. 2012, 2011.
- RIO GRANDE DO SUL, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2012.
- SOLLENBERGER, Lynn E. et al. Reporting forage allowance in grazing experiments. **Crop Science**, v. 45, n. 3, p. 896-900, 2005.
- TEAM, R. Core. A language and environment for statistical computing; 2013. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>, 2015.
- TOWNSEND, Colin R.; BEGON, Michael; HARPER, John L. **Fundamentos em ecologia**. Artmed Editora, 2009.
- UNDERWOOD, Emma C.; FISHER, Brian L. The role of ants in conservation monitoring: if, when, and how. **Biological conservation**, v. 132, n. 2, p. 166-182, 2006.

VAN KLINK, Roel et al. Grazed vegetation mosaics do not maximize arthropod diversity: evidence from salt marshes. **Biological conservation**, v. 164, p. 150-157, 2013.

VAN KLINK, Roel et al. Effects of large herbivores on grassland arthropod diversity. **Biological Reviews**, v. 90, n. 2, p. 347-366, 2015.

WIESCHER, Philipp T.; PEARCE-DUVET, Jessica MC; FEENER, Donald H. Assembling an ant community: species functional traits reflect environmental filtering. **Oecologia**, v. 169, n. 4, p. 1063-1074, 2012.

Apêndice

Morfoespécies	Fisionomias	Bloco 1			Bloco 2			Bloco 3			Total	%
		CC	C	R	CC	C	R	CC	C	R		
<i>Camponotus</i> sp.1	ACG, I, BU	8	10	12	8	7	8	6	6	11	76	24.20
<i>Pheidole</i> sp.5	ACG, I, BU	1	4	3	4	2	4	4	6	4	32	10.19
<i>Pheidole</i> sp.1	ACG, I, BU		3	4		1	7	7	2	5	29	9.24
<i>Brachymyrmex</i> sp.1	ACG, I, BU	2	1	2	1	5	1	3	6	6	27	8.60
<i>Pheidole</i> sp.6	ACG, I, BU	3	6	5	3	1	3	1		4	26	8.28
<i>Solenopsis</i> sp.1	ACG, I, BU	6	3	4	1	1	2	1	1	4	23	7.32
<i>Pheidole</i> sp.4	ACG, I, BU	1	1		2		4	5	3	5	21	6.69
<i>Camponotus</i> sp.2	ACG, I, BU	1	3	5	1		1				11	3.50
<i>Crematogaster</i> sp.1	ACG, I		1				2	3	1	2	9	2.87
<i>Solenopsis</i> sp.2	ACG, I, BU				2	1	1			3	7	2.23
<i>Crematogaster</i> sp.2	ACG			3	1		1			1	6	1.91
<i>Wasmannia</i> sp.2	ACG, I		5	1							6	1.91
<i>Solenopsis</i> sp.3	ACG, I, BU	1			1	1			2		5	1.59
<i>Solenopsis</i> sp.5	I		2			1	2				5	1.59
<i>Camponotus</i> sp.3	ACG, I		2					1		1	4	1.27
<i>Pheidole</i> sp.3	ACG, I	2	1	1							4	1.27
<i>Pheidole</i> sp.2	BU	1		1		1					3	0.96
<i>Solenopsis</i> sp.4	ACG, I					1		1	1		3	0.96
<i>Solenopsis</i> sp.6	ACG, I							1	1	1	3	0.96
<i>Wasmannia</i> sp.1	ACG, I		1					1		1	3	0.96
<i>Brachymyrmex</i> sp.2	I					2					2	0.64
<i>Ectatomma</i> sp.1	ACG		1	1							2	0.64
<i>Linepithema</i> sp.1	BU				1		1				2	0.64
<i>Nylanderia</i> sp.1	ACG		1						1		2	0.64
<i>Cyphomyrmex</i> sp.1	ACG							1			1	0.32
<i>Dorymyrmex</i> sp.1	ACG					1					1	0.32
<i>Tapinoma</i> sp.1	BU					1					1	0.32
Total frequência		26	45	42	25	26	37	35	30	48	314	100.00
Total riqueza		10	16	12	11	14	13	13	11	13		

Tabela 1 Frequência de morfoespécies de formigas (número de BT em que ocorreram) nos diferentes tratamentos (CC, C e R) e blocos (1, 2 e 3) e fisionomias de microhábitats (ACG, I, BU). Onde: CC – conservativo contínuo, C- convencional contínuo, R – rotativo, ACG – campo alto com gravatá e/ou carqueja, I – intermediário e BU – campo baixo e alagadiço.

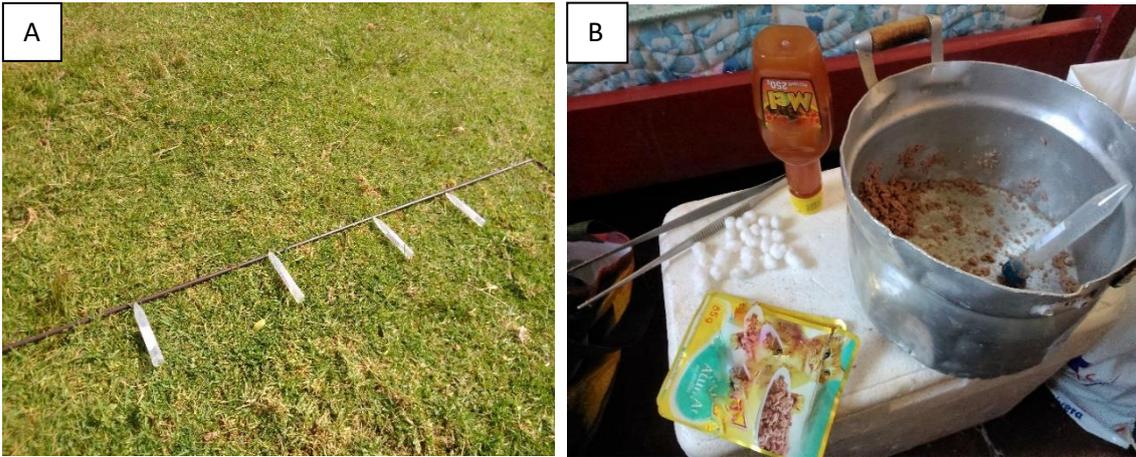


Figura 1: A) Estação de coleta: posicionamento das armadilhas dentro da parcela. B) Preparação da solução açucarada para as bait traps

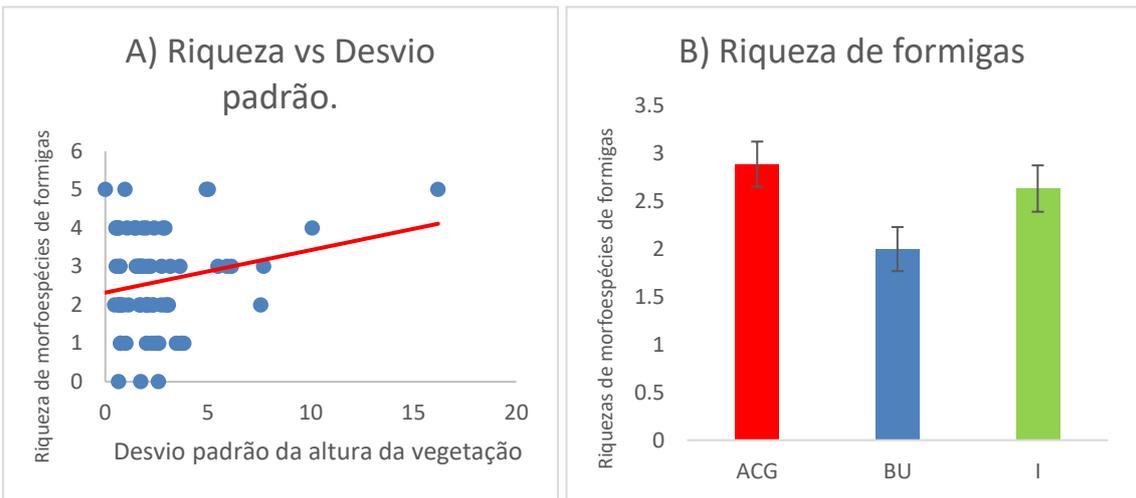


Figura 2: A) Relação entre riqueza de formigas e o desvio padrão da altura da vegetação. B) Riqueza média de formigas nas diferentes fisionomias campestres – ACG (alto, carqueja/gravatá), BU (baixo úmido) e I (Intermediário).

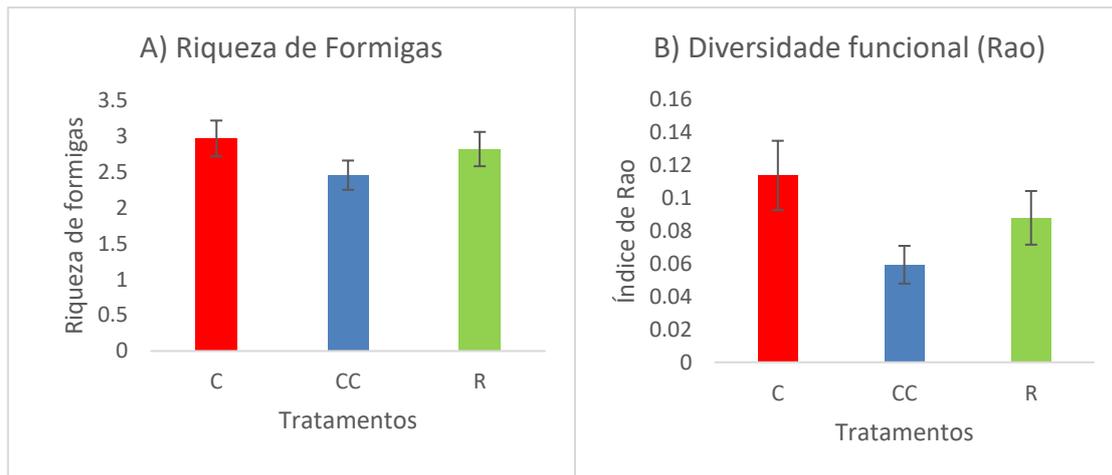


Figura 3: A) Riqueza de morfoespécies de formigas e B) Diversidade Funcional Rao nos diferentes tratamentos de manejo pastoril: C – Convencional contínuo, CC – Conservativo contínuo, R – Rotativo.

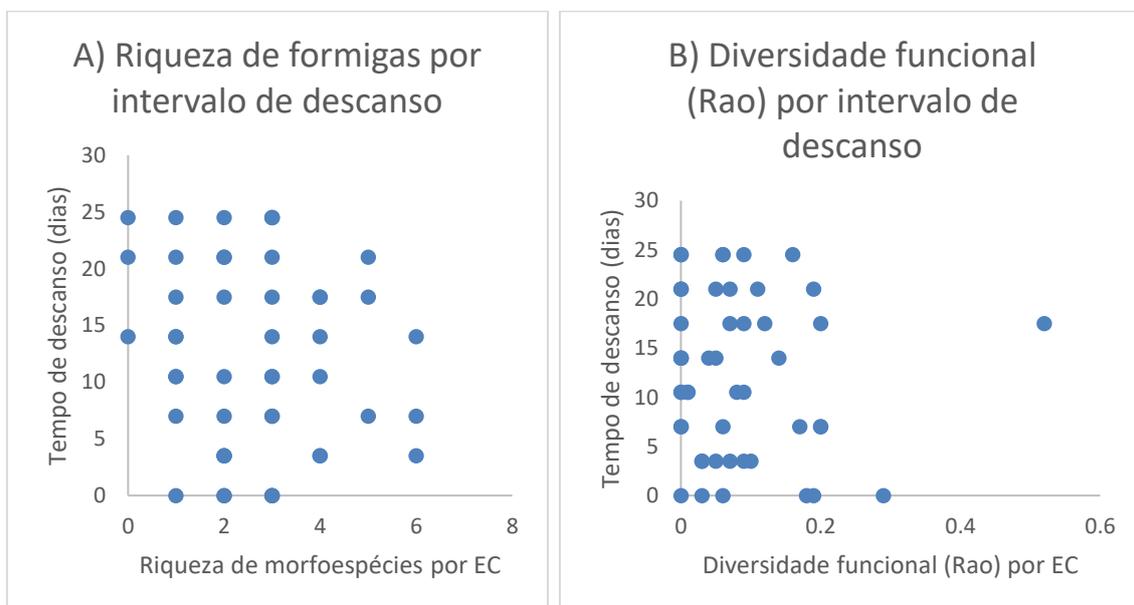


Figura 4: A) Riqueza de morfoespécies de formigas e B) Diversidade Funcional Rao nos diferentes tempos de descanso do pastejo rotativo.

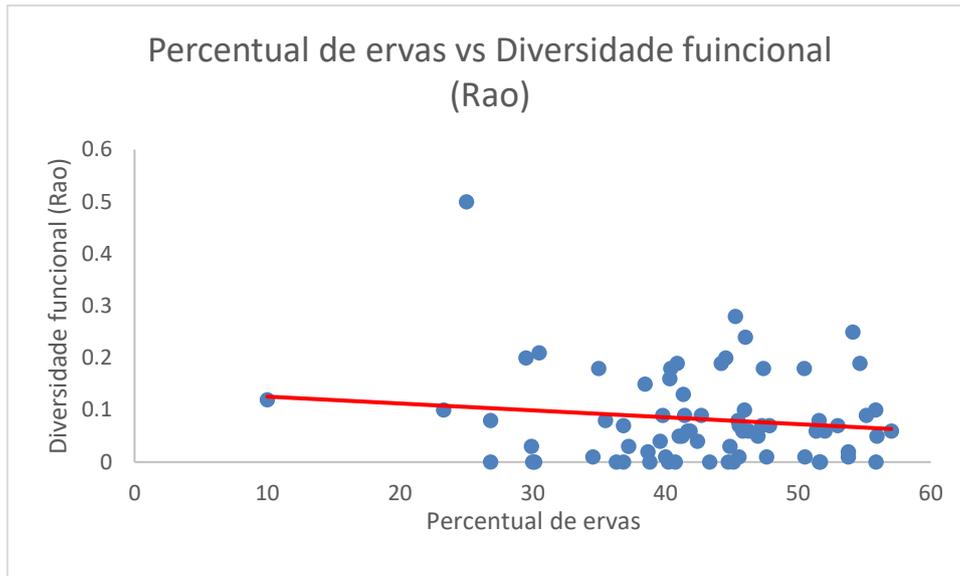


Figura 5: Diversidade Funcional (Rao) por EC vs percentual de ervas.