

Trabalho de Conclusão de Curso

formatado segundo às normas do periódico de interesse

para publicação: **Neotropical Entomology**

Ecologia, Comportamento, Bionômicos

Respostas Funcionais e Taxonômicas de Gafanhotos (Orthoptera, Caelifera) ao Fogo nos Campos Sulinos

CPR Ferrando¹, LR Podgaiski¹, MKM da Costa², MS Mendonça¹, Jr.

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Biociências, Departamento de Ecologia, Laboratório de Ecologia de Interações.

² Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Faculdade de Biociências, Departamento de Biodiversidade e Ecologia, Laboratório de Entomologia.

Claire Pauline Röpke Ferrando

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS,

Departamento de Ecologia, Laboratório de Ecologia de Interações.

Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43422, sala 120

91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil

claireprf@gmail.com

Telefone: 3308 7660 Fax: 3308 7626

Respostas de gafanhotos ao fogo nos campos

Resumo

O fogo é um distúrbio natural em ecossistemas campestres proporcionando renovação dos processos sucessionais, possibilitando a variabilidade nas características da vegetação. Mudanças nesta última influenciam diretamente os gafanhotos que apresentam relação direta com a vegetação. Desta forma procuramos saber quão resilientes são os gafanhotos ao efeito do distúrbio por fogo em um campo no sul do Brasil através de um experimento pareado de parcelas controle e queima. A resiliência das assembleias de gafanhotos foi avaliada através das suas características taxonômicas e funcionais. Em um mês após o fogo, as áreas queimadas já se encontravam recolonizadas pelos gafanhotos, os quais não diferiram em termos de sua abundância e riqueza de espécies das parcelas controle em nenhuma amostragem. A diversidade de Simpson diminuiu em um mês após o fogo nas parcelas queimadas provavelmente em decorrência da dominância das espécies *Dichroplus misionensis* (Carbonell) e *Orphulella punctata* (De Geer) nestas áreas. Neste mesmo período, os gafanhotos das parcelas queimadas apresentaram em média corpo menor e cabeça maior em relação ao corpo; características típicas de ninfas indicando uma preferência destas por uma vegetação nova presente nestas áreas. O menor esforço de deslocamento nas parcelas queimadas parece ter favorecido indivíduos com fêmur menor em relação ao corpo. Um ano após o fogo, a diversidade funcional se mostrou menor nas assembleias de gafanhotos das parcelas queimadas, sendo estas mais semelhantes em termo de seus atributos funcionais às das áreas controle. Nossos resultados indicam que os gafanhotos parecem ser resilientes ao distúrbio por fogo nos campos sulinos.

Palavras-chave: distúrbio, ecossistema campestre, Acridoidea, atributos funcionais

Introdução

Os distúrbios são processos que causam a remoção da biomassa da comunidade presente acima do solo, causando diferentes níveis de alterações nos ecossistemas e afetando todos os níveis de organização biológica (Grime 1977, White & Jentsch 2001). Os distúrbios podem ter origem antrópica ou natural como: vendavais, deslizamentos de terra, inundações, pastejo e queimadas (White & Jentsch 2001). Estes dois últimos são distúrbios importantes no desenvolvimento e manutenção dos ecossistemas campestres e na evolução das espécies nestes ambientes (Bond *et al* 2005, Fuhlendorf *et al* 2008, Overbeck *et al* 2007b, Pillar & Vélez 2010). Nos campos, os distúrbios renovam os processos sucessionais e possibilitam uma variabilidade na estrutura vegetal, composição, densidade e biomassa (Fuhlendorf & Engle 2001, Fuhlendorf *et al* 2008, Pillar & Vélez 2010, McGranahan *et al* 2013) promovendo a heterogeneidade espacial com influência na diversidade de espécies, variedade de microhabitats e serviços ecossistêmicos (Christensen 1997, Bailey *et al* 1998, Podgaiski *et al* 2011; 2013). Desta forma, entender como os distúrbios afetam a biodiversidade é fundamental para se traçar planejamentos de conservação e manejo dos ecossistemas.

Tradicionalmente a biodiversidade é monitorada nos ecossistemas frente a distúrbios através da sua riqueza, composição de espécies e das proporções destas em termos de abundância (índices de diversidade como de Simpson e Shannon) (Loreau *et al* 2001). Porém, cada vez mais tem se reconhecido que, além dos aspectos taxonômicos, o levantamento das características funcionais das comunidades (e.g. o valor, a variação e a abundância relativa de atributos funcionais; Tilman 2001) complementa e agrega informações valiosas aos monitoramentos (Vandewalle *et al* 2010; Podgaiski *et al* 2013). Um atributo funcional pode ser toda e qualquer característica que influencia no valor adaptativo (*fitness*) dos organismos indiretamente através

do seu efeito no crescimento, reprodução e sobrevivência nos ecossistemas (McGill *et al* 2006, Violle *et al* 2007, Podgaiski *et al* 2011). Por exemplo, na colonização de áreas novas, a presença de características favoráveis permite que os indivíduos colonizadores tenham maior sucesso sobre aqueles que não as apresentam, podendo se desenvolver, reproduzir e sobreviver nestas áreas. Neste caso, indivíduos com atributos favoráveis neste processo poderiam ser coloração semelhante ao do ambiente (camuflagem), presença de asa (dispersão), tamanho corporal (competição), alta capacidade sensorial (localização de predadores e presas) (p.ex. Picaud & Petit 2007). A avaliação dos aspectos funcionais das comunidades pode nos informar de forma mais preditiva a resposta dos organismos a distúrbios.

Nos campos naturais da América do Sul, poucos estudos investigaram os efeitos de distúrbios, em especial o fogo, sobre a diversidade taxonômica e funcional da fauna. O fogo, que é um distúrbio frequente e promotor da heterogeneidade de habitat nestes ecossistemas (Overbeck *et al* 2005, Fidelis *et al* 2010), tem mostrado propiciar aumento da diversidade de plantas num curto período de tempo pós-fogo (Overbeck *et al* 2005, Podgaiski *et al* 2013). A redução de interações competitivas (pelo aumento de solo exposto) e o aumento da penetração da luz (McGraham *et al* 2013) permite um alto recrutamento de espécies vegetais nos campos queimados (Overbeck *et al* 2005). Por outro lado, a ausência de queimadas, e também outros distúrbios como o pastejo, levam ao aumento da dominância de gramíneas cespitosas (touceiras) e arbustos, e à diminuição da diversidade de plantas (Overbeck *et al* 2007b, Pillar & Velez 2010). Este processo sucessional que leva a homogeneização da vegetação e estrutura de habitats, pode ter repercussão sobre a fauna de artrópodes terrestres e suas características funcionais (Podgaiski *et al* 2013).

Aqui nós investigamos as respostas das assembleias de gafanhotos (Caelifera, Orthoptera) ao distúrbio por fogo em campos naturais do sul do Brasil. Gafanhotos são bastante abundantes nos ecossistemas campestres e importantes consumidores primários (Capinera *et al* 2004) A oferta de plantas jovens e palatáveis, assim como a diversidade de recursos (ex. habitat, estrutura vegetacional, microclima) influenciam diretamente a riqueza e abundância de gafanhotos (Chambers & Samways 1998, Coppedge & Shaw 1998, Morris 2000), e por isso esperamos que as modificações na vegetação campestre induzidas pelo fogo afete estas comunidades. Este estudo tem dois objetivos complementares: avaliar como 1) a abundância e a diversidade de espécies de gafanhotos e 2) seus atributos e a diversidade funcional respondem ao fogo nos campos (resiliência taxonômica e funcional respectivamente, ou seja, a capacidade das assembleias de gafanhotos retornarem ao seu estado referencial após o distúrbio; Ricklefs 2010).

Metodologia

Área de estudo

O presente estudo foi realizado na Estação Experimental Agrônômica da UFRGS, localizado no município de Eldorado do Sul, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (30°06'58" S, 51°41'05" O) em um campo natural excluído de pastejo há três anos no momento do experimento. Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, a área está inserida dentro de um clima do tipo Cfa (temperado quente, úmido e com verões quentes) (Kottek *et al* 2006). A precipitação anual média é de 1440 mm com temperaturas médias mensais que variam de 9°C a 25°C (Bergamaschi & Guadagnin 1990). Mais detalhes da área de estudo podem ser encontradas em Podgaiski *et al* (2011; 2013).

Desenho amostral

Na área de estudo (Fig 1) foram demarcados sete blocos experimentais (distantes entre si mais de 50 metros), cada um consistindo de um par de parcelas de 10 x 10 metros intercaladas por seis metros de distância. Em cada bloco, foi escolhida aleatoriamente uma parcela para sofrer o tratamento de queima que foi realizada em dezembro de 2009. As queimas controladas foram realizadas todas em um mesmo dia, controlando-se o espalhamento do fogo dentro da parcela de modo que toda ela tenha recebido queima. O fogo consumiu quase toda a vegetação superficial, restando somente estruturas maiores como de gramíneas cespitosas parcialmente queimadas. O tamanho relativamente pequeno das parcelas e a proximidade destas não oferece restrições a colonização pelos artrópodes, e nos permite observar respostas dos organismos que estão relacionadas à sua preferência por determinadas características ambientais (p. ex. microclima e disponibilidade de alimento) que cada tipo de tratamento apresenta (controle e fogo) (Chambers & Samways 1998).

Técnicas de coleta

Os ortópteros foram coletados em quatro datas amostrais: antes do fogo (novembro de 2009), um mês após o fogo (m.a.f.) seis m.a.f. e 12 m.a.f.. Foram empregadas as técnicas de rede de varredura e *pitfall*. A rede de varredura foi utilizada para amostragem dos ortópteros associados à vegetação. As varreduras foram feitas ao longo de quatro transectos equidistantes entre si em cada parcela, em dois períodos distintos (uma manhã e uma tarde) para cada data amostral. O *pitfall* foi utilizado para amostragem dos indivíduos mais associados ao solo. Em cada parcela, foram enterrados cinco potes plásticos (com a sua abertura nivelada com o solo) que ficaram abertos durante quatro dias para cada data amostral. Os potes tinham diâmetro de 9 cm, e foram

parcialmente preenchidos com etanol 70% (para preservação dos organismos) com adição de algumas gotas de detergente para a quebra da tensão superficial.

Triagem

Nível taxonômico

Os ortópteros foram trazidos a laboratório, contabilizados e separados em subordens. Os indivíduos da subordem Caelifera (aqui denominados de gafanhotos) foram classificados conforme seu estágio de desenvolvimento (ninfas e adultos) e sexo (fêmeas e machos). Tendo em vista que a identificação taxonômica específica de indivíduos em seus primeiros estágios de desenvolvimento é difícil e ambígua (Capinera *et al* 2004, Rácz *et al* 2013), somente ninfas braquípteras, ninfas da família Proscopiidae e adultos foram identificados em espécies. Como indicadores de diversidade nós consideramos 1) abundância total de gafanhotos, 2) abundância de fêmeas, 3) abundância de machos, 4) abundância de ninfas, 5) riqueza de espécies e 6) diversidade de espécies (índice de Simpson).

Nível funcional

Os atributos funcionais foram mensurados em todos os indivíduos coletados no experimento. Os atributos são: (1) comprimento do corpo; (2) comprimento do fêmur posterior; (3) largura da cabeça; (4) tamanho da mandíbula esquerda (Ibanez *et al* 2013); (5) presença de asa e tipo de asa: funcional (totalmente formada) e não-funcional (ausentes e braquípteros) (Tabela 1 e Fig 2).

Como indicadores funcionais da diversidade de gafanhotos nas comunidades (aqui considerando todos os indivíduos de cada parcela em cada data amostral), nós utilizamos 1) os

atributos médios das comunidades de gafanhotos (*Community Weighted Mean traits*, CWM) e 2) a diversidade funcional (DF, índice de Rao). Para o cálculo de atributos médios e diversidade funcional nós organizamos duas matrizes (B_{ind} e W_{ind}). A matriz B_{ind} representa cada gafanhoto ($n=917$) descrito pelos seus atributos funcionais (colunas). A matriz W_{ind} representa a presença e ausência dos indivíduos nas comunidades (diferentes parcelas e tempos), transformada para total igual a 1 em cada comunidade, ou seja, cada presença foi transformada em proporções em relação ao total de indivíduos. Estas duas matrizes foram multiplicadas para a obtenção da matriz T_{ind} normalizada (ou seja, os dados foram transformados dentro de uma escala de 0 a 1, mantendo as proporções) contendo os atributos médios das comunidades.

$$CWM = \sum_{i=1}^S p_i x_i$$

Onde CWM é o valor médio de um determinado atributo funcional ponderado pela comunidade (todos os indivíduos de cada parcela/tempo), p_i é a proporção 1/n indivíduos na comunidade e x_i é o valor do atributo do indivíduo i (adaptado de Garnier *et al* 2004).

Calculamos a DF através da entropia quadrática de Rao que indica quão dissimilar são dois indivíduos de uma comunidade (todos os indivíduos de cada parcela/tempo), selecionados aleatoriamente, baseados em seus atributos.

$$DF = \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^S d_{ij} p_i p_j$$

Onde S é o número de indivíduos na comunidade, d_{ij} é a dissimilaridade entre o indivíduo i e j e p_i a proporção do indivíduo i na comunidade (adaptado de Botta-Dukat 2005).

Análises de dados

Nós testamos diferenças entre tratamentos (controle e queima) com testes de aleatorização (10000) em blocos, em cada data amostral, considerando as seguintes variáveis, separadamente: a abundância total de gafanhotos, a abundância de fêmeas, abundância de machos, abundância de ninfas, riqueza de espécies, diversidade de espécies (índice de Simpson), atributos médios para cada atributo e diversidade funcional (Rao). Os testes foram implementados no programa MULTIV (Pillar 1997).

Resultados

Coletamos 917 gafanhotos (830 ninfas e 87 adultos) como mostra a Tabela 2; a maioria (91,2%) na vegetação e o restante (8,8%) no solo. Como podemos observar na Tabela 3, 18 indivíduos foram identificados em 18 espécies, distribuídas em quatro famílias (sendo Acrididae a mais representativa em abundância: 91%). Onze espécies foram coletadas exclusivamente da vegetação, duas do solo (ambas singletons – apenas um indivíduo da espécie amostrado), e cinco espécies foram coletadas em ambos os substratos.

As espécies mais abundantes foram: *Dichroplus misionensis* (Carbonell) (26%), *Orphulella punctata* (De Geer) (17,5%) e *Metaleptea adpersa* (Blanchard) (17%) (Tabela 3). Das 18 espécies encontradas, sete foram singletons (somente um exemplar da espécie). *Dichroplus misionensis* e *O. punctata* aumentaram suas abundância nas parcelas queimadas um mês após o fogo (Tabela 3).

A abundância total de gafanhotos, assim como a abundância de fêmeas, machos e ninfas, e riqueza de espécies não apresentaram diferenças entre os tratamentos em nenhum período amostral. Já a diversidade de Simpson foi significativamente menor nas parcelas queimadas um mês após a queima ($P = 0.0294$; Fig 3).

Alguns atributos funcionais das comunidades de gafanhotos variaram entre os tratamentos ao longo do tempo (Fig 4). No primeiro m.a.f., parcelas queimadas favoreceram, em média, gafanhotos com cabeça mais larga ($P = 0.012$) e corpo menor ($P = 0.045$). No sexto m.a.f., as parcelas queimadas apresentaram indivíduos com fêmur menor ($P = 0.031$) do que aqueles das parcelas controle. A DF sofreu redução significativa nas parcelas queimadas em 12 m.a.f. ($P=0.015$).

Discussão

Os gafanhotos são importantes herbívoros nos ecossistemas campestres, tendo a vegetação como um recurso essencial tanto como alimento quanto para habitat (Capinera *et al* 2004). A qualidade nutritiva das plantas (p.ex. palatabilidade) e sua estrutura espacial (p.ex. arquitetura) tem influência em todas as fases do ciclo de vida destes organismos, e podem atuar como um filtro ambiental (Der Plas *et al* 2012) modelando as características das comunidades nos ecossistemas (Bieringer 2002, Capinera *et al* 2004, Joern 2004). Neste trabalho nós avaliamos experimentalmente como as mudanças na vegetação induzidas por queimadas influenciam as comunidades de gafanhotos nos campos sulinos. Estes ecossistemas são extremamente negligenciados em termos de monitoramentos acerca dos efeitos de distúrbios sobre comunidades biológicas (Overbeck *et al* 2007a), e aqui nós contribuimos com o primeiro

estudo sobre a resiliência de assembleias de gafanhotos após distúrbio por fogo. Além dos aspectos relacionados à abundância e diversidade taxonômica das espécies nós também empregamos, pela primeira vez neste grupo, uma abordagem funcional considerando todos os indivíduos das comunidades. Nossos resultados demonstram que dentro de um ano, a abundância e a diversidade de espécies de gafanhotos colonizadores de áreas queimadas tornaram-se semelhantes daqueles de áreas controle, porém, em termos de diversidade funcional as comunidades ainda apresentam respostas ao distúrbio.

Mesmo com a grande simplificação do habitat pelo fogo, os gafanhotos machos, fêmeas e ninfas recolonizaram as áreas recém queimadas rapidamente, não diferindo em termos de abundância das áreas controle em nenhuma amostragem após o fogo. Isto provavelmente é decorrente da disponibilidade de recursos de alta qualidade aos herbívoros devido ao rápido rebrote da vegetação campestre (Podgaiski *et al* 2013). Muitas espécies vegetais apresentam adaptações a este distúrbio nos campos sulinos (p.ex. presença de órgãos subterrâneos, Fidelis *et al* 2009), e inclusive podem florescer de imediato após seu rebrote (Fidelis, comunicação pessoal). Assim como no nosso estudo, Ford (2007) também verificou uma grande resiliência de comunidades de gafanhotos ao fogo em campos do Novo México (EUA). No entanto, outros trabalhos indicam que os gafanhotos respondem de forma idiossincrática ao distúrbio por queimadas, ou seja, parecem depender do contexto ecológico do habitat; das interações dos organismos entre si e estes com o seu meio presentes no ambiente. Nadeau *et al* (2006) observaram efeitos distintos na abundância de gafanhotos em três áreas campestres no Colorado (EUA) (positivo, negativo e neutro) e essas diferenças se mantiveram um ano após o fogo. Ao final deste mesmo período de tempo a densidade de gafanhotos no estudo de Gardiner *et al* (2005) se manteve maior nas áreas queimadas indo de encontro ao que foi observado por

Branson (2005) que verificou uma diminuição na abundância nas áreas alteradas pelo fogo quando comparadas às áreas controle.

Assim como a abundância, a riqueza de espécies de gafanhotos também não diferiu entre os tratamentos, até mesmo 12 m.a.f. , corroborando os resultados obtidos por Branson (2005) e Parmenter *et al* (2011) que também não encontraram diferença na riqueza de espécies de gafanhotos. Ford (2007) encontrou um aumento na riqueza de espécies nos primeiros meses após o fogo, porém no ano seguinte esta diferença não foi mais observada. Diferentemente do que foi observado até então, a resiliência da diversidade (Simpson) não foi tão rápida quanto à da abundância e riqueza de gafanhotos, mostrando uma diminuição nas áreas queimadas 1 m.a.f., o que pode ser explicado pelo grande aumento do número de indivíduos das espécies *D. misionensis* e *O. punctata* neste mesmo período (Tabela 3). Uma vez que este índice indica a probabilidade de dois indivíduos retirados aleatoriamente de uma comunidade pertencerem à mesma espécie, *D. misionensis* e *O. punctata* estariam sendo determinantes para a diferença de diversidade encontrada entre os tratamentos. A biologia e ecologia destas espécies, assim como a de *M. adspersa*, são pouco conhecidas. Dos poucos registros encontrados mencionando estas espécies, sabe-se que elas ocorrem em ecossistemas campestres (Ronderos *et al* 1968, Colombo *et al* 2005, Pocco *et al* 2010) assim como em ambientes de florestas (Lutinski *et al* 2009). *D. misionensis* se comporta como uma espécie generalista (Campos *et al* 2001, Carbonell *et al* 2006, Lutinski *et al* 2009) o que parece ter sido o caso neste estudo, ocorrendo em todas as amostras em todos os tempos com preferência por um habitat mais aberto (Tabela 3). No estudo de Pocco *et al* (2010) sobre o efeito da intensidade do pastejo sobre as comunidades de gafanhotos, verificou-se que *O. punctata* apresentou abundâncias semelhantes entre áreas de pastejo moderado e intensivo, sendo que neste último ela foi a espécie dominante. Os mesmos

autores mostram que *O. punctata* parece ter preferência por áreas mais abertas, assim como em nosso estudo, que demonstra um aumento na sua abundância em parcelas recém-queimadas (Tabela 3). Diferentemente das espécies anteriores, *M. adspersa* pareceu ter preferência por parcelas controle, onde a vegetação é mais densa, uma associação já relatada para esta espécie em trabalhos anteriores (Lutinski *et al* 2009) (Tabela 3).

Em relação aos aspectos funcionais, os gafanhotos responderam ao efeito do fogo através de modificações na proporção de determinados atributos durante os seis primeiros meses e na diversidade funcional aos 12 m.a.f.. Logo após o fogo os gafanhotos possuíram em média corpo menor e cabeça maior em relação ao corpo em comparação aos indivíduos das áreas controle. Estes atributos dominantes são características juvenilizadas como aquelas encontradas em ninfas (Apêndice 5). Observamos que mesmo a abundância de ninfas não tendo aumentado significativamente em 1 m.a.f., o seu maior número foi neste período nas parcelas queimadas (n=156) em relação às não queimadas (n=120) (Tabela 2), com aumento, no número total de ninfas, em cinco das sete parcelas queimadas (Apêndice 6). Desta forma estes atributos podem estar refletindo a preferência das ninfas por áreas com recursos alimentares mais favoráveis ao seu desenvolvimento. O rebrote da vegetação atrai herbívoros pelo seu alto valor nutritivo e maciez (Ricklefs 2010) e as ninfas, por apresentarem mandíbulas pequenas (Apêndice 5) podem ter uma maior eficiência na alimentação sobre tecidos vegetais macios (Ibanez *et al* 2013). Complementando nossos resultados, Der Plas *et al* (2012) verificaram na savana africana uma preferência de gafanhotos de tamanho grande por manchas com gramíneas mais altas, e apresenta duas hipóteses: 1) gafanhotos maiores seriam mais conspícuos em áreas mais abertas, tornando-os mais vulneráveis a predação, e 2) gafanhotos maiores precisariam de maior disponibilidade de alimento, o que áreas mais abertas não ofereceriam.

Aos seis m.a.f., a biomassa e altura vegetal das áreas queimadas ainda era inferior daquelas das áreas controle as quais apresentavam proporção superior de gramíneas. Nós constatamos que neste período, o tamanho relativo do fêmur dos gafanhotos foi menor nas áreas queimadas. O tamanho do fêmur é correlacionado com a eficiência de saltos dos gafanhotos no ambiente, o que possibilita seu deslocamento e dispersão (Picaud & Petit 2007). Indivíduos com fêmur maior em relação ao tamanho do seu corpo, teriam uma vantagem no seu deslocamento em áreas campestres mais altas e densas, como aquelas com ausência de distúrbio (não queimadas). Áreas queimadas, por outro lado, apesar de mais diversas e heterogêneas (Podgaiski *et al* 2013), podem beneficiar aqueles indivíduos com menor capacidade de dispersão (Picaud & Petit 2007).

Os gafanhotos das áreas queimadas parecem ter se tornado mais semelhantes em termos de seus atributos funcionais em 12 m.a.f comparado à similaridade dos gafanhotos das áreas controle uma vez que a diversidade funcional se mostrou menor nas parcelas queimadas. Esta maior similaridade das comunidades em termos de seu conjunto de atributos pode estar representando a ação de um filtro ambiental local. Der Plas *et al* (2012) exemplifica que as características da vegetação atuam como importantes filtros ambientais sobre os atributos funcionais de gafanhotos. No nosso caso, aos 12 m.a.f., a estrutura da vegetação pode ter favorecido um conjunto específico de características.

O presente estudo foi caracteristicamente exploratório, uma vez que é o primeiro a demonstrar como a diversidade taxômica e funcional dos organismos podem ser ferramentas complementares na compreensão das respostas dos organismos frente a uma alteração do ambiente. Acreditamos que este estudo servirá de base para os próximos que seguirão, os quais poderão responder questões mais específicas que não puderam ser efetivamente compreendidas

aqui, especialmente em relação aos atributos funcionais. As respostas destes últimos poderiam talvez ser melhor interpretadas se houvesse mais informações sobre a história de vida das espécies de gafanhotos aqui registradas. Por último, gostaríamos de ressaltar que as assembleias de gafanhotos parecem ser organismos resilientes ao distúrbio por fogo nos campos sulinos, assim como já encontrado para a assembléia de aranhas para o mesmo sistema (Podgaiski *et al* 2013).

Agradecimentos

Nós agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) pelo apoio financeiro e ao professor Valério De Patta Pillar pela coordenação do financiamento do projeto. Agradecemos também à Camila da Silva Goldas e ao Fernando Joner pela ajuda em campo e à equipe do Laboratório Ecologia de Interações (UFRGS) para que este estudo pudesse se tornar possível.

Referências

- Bailey DW, Dumont B, Wallis DeVries MF (1998) Utilization of heterogeneous grasslands by domestic herbivores: Theory to management. *Ann Zootech* 47:321-333
- Bergamaschi H, Guadagnin MR (1990) Agroclima da Estação Experimental Agronômica. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p 96
- Bernays EA, Hamai J (1987) Head size and shape in relation to grass feeding in Acridoidea (Orthoptera). *Int J Insect Morphol Embryol* 16:323-330
- Bernays EA, Jarzembowski EA, Malcolm SB (1991) Evolution of insect morphology in relation to plants [and Discussion]. *Phil Trans R Soc Lon B* 333:257-264
- Bieringer G (2002) Response of Orthoptera species (Tettigoniidae and Acrididae) to wildfires in a Central European dry grassland. *J. Orthopt Res* 11:237-242
- Bond WJ, Woodward FI, Midgley GF (2005) The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytol* 165:525-538

- Botta-Dukát Z (2005) Rao's quadratic entropy as a measure of functional diversity based on multiple traits. *J Veg Sci* 16:533-540
- Branson DH (2005) Effects of fire on grasshopper assemblages in a northern mixed-grass prairie. *Environ Entomol* 34:1109-1113
- Campos JV, Garcia FRM, Matiotti MK da C (2001) Ocorrência de duas espécies de gafanhotos (Orthoptera, Caelifera) alimentando-se de plantas cítricas no Extremo Oeste de Santa Catarina Brasil. *Biotemas* 14:157-160
- Capinera JL, Scott RD, Walker TJ (2004) Field guide to grasshoppers, katydids and crickets of the United States and Canada. Cornell University Press, Ithaca, pp 249
- Carbonell C, Cigliano MM, Lange CE (2006) Espécies de acridomorfos (Orthoptera) de Argentina y Uruguay/Acridomorph (Orthoptera) species of Argentina and Uruguay. Argentina: The Orthopterists' Society at the "Museu de La Plata" (CD ROM. Publications on Orthopteran Diversity)
- Castro I, Bravo F (2001) Morfologia externa do gafanhoto adulto *Eutropidacris* sp.: Comentários sobre o plano básico de Hexapoda. Editora Imprensa Universitária UEFS, pp 61
- Chambers BQ, Samways MJ (1998) Grasshopper response to a 40-year experimental burning and mowing regime, with recommendations for invertebrate conservation management. *Biodivers Conserv* 7:985-1012
- Chapman RF (2009) Mouthparts. In: Resh VH, Cardé RT (eds) *Encyclopedia of Insects*. Academic Press, San Diego, pp 729-732
- Christensen NL (1997) Managing for heterogeneity and complexity on dynamic landscapes. In: Pickett STA, Ostfeld RS, Shachak M, Likens GE (eds) *The Ecological Basis for Conservation: Heterogeneity, Ecosystems, and Biodiversity*. New York: Chapman and Hall, pp 167-186
- Colombo P, Cigliano MM, Sequeira AS, Lange CE, Vilardi JC, Confalonieri VA (2005) Phylogenetic relationships in *Dichroplus* Stal (Orthoptera: Acrididae: Melanoplinae) inferred from molecular and morphological data: testing karyotype diversification. *Cladistics* 21:375-389
- Coppedge BR, Shaw JH (1998) Bison grazing patterns on seasonally burned tallgrass prairie. *J Range Manage* 51:258-264
- Der Plas FV, Anderson TM, Olf H (2012) Trait similarity patterns within grass and grasshopper communities: multitrophic community assembly at work. *Ecology* 93:836-846
- Fidelis AT, Overbeck GE, Pillar VD, Pfadenhauer J (2009) The ecological value of *Eryngium horridum* in maintaining biodiversity in subtropical grasslands. *Austral Ecology* 34: 558-566
- Fidelis A, Müller SC, Pillar DV, Pfadenhauer J (2010) Population biology and regeneration of forbs and shrubs after fire in Brazilian Campos grasslands. *Plant Ecol* 211:107-117

- Ford PL (2007) Shared community patterns following experimental fire in a semiarid grassland. In: Proceedings of the 4th International Wildland Fire Conference, Seville, Spain.
- Fuhlendorf SD, Engle DM (2001) Restoring heterogeneity on rangelands: ecosystem management based on evolutionary grazing patterns. *BioScience* 51:625-632
- Fuhlendorf SD, Engle DM, Kerby J, Hamilton R (2008) Pyric herbivory: rewilding landscapes through the recoupling of fire and grazing. *Conserv Biol* 23:588-598
- Garnier E, Cortez J, Billes G, Navas ML, Roumet C, Debussche M, Laurent G, Blanchard A, Aubry D, Bellmann A, Neill C, Toussaint JP (2004) Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. *Ecology* 85:2630-2637
- Gardiner T, Gardiner M, Hill J (2005) The effect of pasture improvement and burning on Orthoptera populations of Culm grasslands in northwest Devon, UK. *J Orthopt Res* 14:153-159
- Grime JP (1977) Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *Am Nat* 111:1169-1194
- Hochkirch A, Gröning J (2008) Sexual size dimorphism in Orthoptera (sens. str.) - a review. *J Orthopt Res* 17:189-196
- Ibanez S, Lavorel S, Puijalon S, Moretti M (2013) Herbivory mediated by coupling between biomechanical traits of plants and grasshoppers. *Funct Ecol* 27:479-489
- Isely FB (1944) Correlation between mandibular morphology and food specificity in grasshoppers. *Ann Entomol Soc Am* 37:47-67
- Joern A (2004) Variation in Grasshopper (Acrididae) Densities in Response to Fire Frequency and Bison Grazing in Tallgrass Prairie. *Environ Entomol* 33:1617-1625
- Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F (2006) World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Z* 15:259-263
- Loreau M, Naeem S, Inchausti P, Bengtsson J, Grime JP, Hector A, Hooper DU, Huston MA, Raffaelli D, Schmid B, Tilman D, Wardle DA (2001) Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science* 294:804-808
- Lutinski CJ, Garcia FRM, Matiotti MK da C, Lutinski JA (2009) Flutuação populacional de gafanhotos na Floresta Nacional de Chapecó, Santa Catarina. *Ciência Rural* 39:555-558
- McGill BJ, Enquist BJ, Weiher E, Westoby M (2006) Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends Ecol Evol* 21:178-185
- McGranahan DA, Raicovich GM, Wilson WN (2013) Preliminary evidence that patch burn-grazing creates spatially heterogeneous habitat structure in old-field grassland. *Southeast Nat* 12:655-660

- Morris MG (2000) The effects of structure and its dynamics on the ecology and conservation of arthropods in British grasslands. *Biol Conserv* 95:129-142
- Nadeau L, Cushing PE, Kondratieff BC (2006) Effects of fire disturbance on grasshopper (Orthoptera: Acrididae) assemblages of the Comanche National Grasslands, Colorado. *J Kans Entomol Soc* 79:2-12
- Overbeck GE, Müller SC, Pillar VD, Pfadenhauer J (2005) Fine-scale post-fire dynamics in southern Brazilian subtropical grassland. *J Veg Sci* 16:655-664
- Overbeck GE, Müller SC, Fidelis A, Pfadenhauer J, Pillar VD, Blanco CC, Boldrini II, Both R, Forneck ED (2007a) Brazil's neglected biome: The south Brazilian campos. *Perspect Plant Ecol Evol Syst* 9:101-116
- Overbeck GE, Pfadenhauer J (2007b) Adaptive strategies in burned subtropical grassland in southern Brazil. *Flora* 202:27-49
- Parmenter RR, Kreutzian M, Moore DI, Lightfoot DC (2011) Short-term effects of a summer wildfire on a desert grassland arthropod community in New Mexico. *Entomol Soc Am* 40:1051-1066
- Patterson BD (1984) Correlation between mandibular morphology and specific diet of some desert grassland Acrididae (Orthoptera). *Am Midl Nat* 11: 296-303
- Picaud F, Petit DP (2007) Primary succession of Acrididae (Orthoptera): Differences in displacement capacities in early and late colonizers of new habitats. *Acta Oecol* 32:59-66
- Pillar VD (1997) Multivariate exploratory analysis and randomization testing with MULTIV. *Coenoses* 12: 145-148
- Pillar VD, Vélez E (2010) Extinção dos campos sulinos em unidades de conservação: um fenômeno natural ou um problema ético? *Nat Conserv* 8:84-86
- Pocco ME, Damborsky MP, Cigliano MM (2010) Comunidades de ortópteros (Insecta, Orthoptera) en pastizales del Chaco Oriental Húmedo, Argentina. *Anim Biodivers Conserv* 33:119-129
- Podgaiski LR, Mendonça M de S, Jr., Pillar VD (2011) O uso de atributos funcionais de invertebrados terrestres na ecologia: o que, como e por quê? *Oecol Aust* 15: 835-853
- Podgaiski LP, Joner F, Lavorel S, Moretti M, Ibanez S, Mendonça M de S, Jr., Pillar VD (2013) Spider trait assembly patterns and resilience under fire-Induced vegetation change in south Brazilian grasslands. *PLoS ONE* 8(3): e60207. doi: 10.1371/journal.pone.0060207
- Rácz IA, Déri E, Kisfali M, Batiz Z, Varga K, Szabó G, Lengyel S (2013) Early changes of orthopteran assemblages after grassland restoration: a comparison of space-for-time substitution versus repeated measures monitoring. *Biodivers Conserv* 22:2321-2335

Ricklefs RE (2010) As interações entre as espécies. In: Guanabara Koogan (editor) A economia da natureza. Estados Unidos, Nova York, pp 255-267

Ronderos RA, Carbonell CS, Mesa A, (1968). Revisión de las especies del género *Dichroplus* Stal, del grupo *elongatus* (Orthoptera, Acrididae, Catantopinae). Revista del Museo La Plata 10:271-325

Tilman D (2001) Functional diversity. In: Levin SA (editor) Encyclopedia of biodiversity. Academic Press, San Diego, California, USA, pp109-120

Vandewalle M, de Bello F, Berg MP, Bolger T, Dolédec S, Dubs F, Feld CK, Harrington R, Harrison PA, Lavorel S, da Silva PM, Moretti M, Niemela J, Santos P, Sattler T, Sousa JP, Sykes MT, Vanbergen AJ, Woodcock BA (2010) Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms. *Biodivers Conserv* 19:2921-2947

Violle C, Navas ML, Vile D, Kazakou E, Fortunel C, Hummel I, Garnier E (2007) Let the concept of trait be functional! *Oikos* 116:882-892

White PS, Jentsch A (2001) The search for generality in studies of disturbance and ecosystem dynamics. *Prog Bot* 62:399-350

Whitman DW (2008) The significance of body size in the Orthoptera: a review. *J Orthopt Res* 17:117-134

Tabela 1 Atributos funcionais selecionados para o estudo e sua importância no desempenho dos gafanhotos.

Atributos	Papel no desempenho do organismo no ambiente
Tamanho do corpo	Reflete as estratégias de sobrevivência dos organismos (história de vida) nas condições ambientais em que se encontram (Hochkirch 2008, Whitman 2008).
Tamanho do fêmur posterior	Relação com os movimentos: dispersão e fuga de predadores (Picaud & Petit 2007).
Tamanho da cabeça	Abriga músculos da mastigação (Bernays & Hamai 1987; Bernays <i>et al</i> 1991).
Tamanho da mandíbula	Morfologia da mandíbula reflete a habilidade de processar tecidos vegetais (Isely 1944; Patterson 1984; Bernays & Hamai 1987; Bernays <i>et al</i> 1991).
Presença e funcionalidade da asa	Capacidade de dispersão (Picaud & Petit 2007) e escolha de habitat.

Tabela 2 Abundância de cada estado organismal (gênero/estágio de desenvolvimento) dos Caelifera nas parcelas controle (C) e queimadas (F) em cada data amostral (m.a.f. = mês (meses) após o fogo).

Estado	Antes		1 m.a.f.		6 m.a.f.		12 m.a.f.		Total
	C	F	C	F	C	F	C	F	
Fêmea	-	1	2	11	2	4	4	-	24
Macho	6	8	13	20	9	1	4	2	63
Ninfa	131	109	120	156	26	17	134	137	830
Total	137	118	135	187	37	22	142	139	917

Tabela 3 Abundância de cada espécie de Caelifera nas parcelas controle (C) e queimadas (F) em cada data amostral (m.a.f. = mês (meses) após o fogo).

Espécies	Antes		1 m.a.f.		6 m.a.f.		12 m.a.f.		Total
	C	F	C	F	C	F	C	F	
Acrididae									
<i>Aleluas lineatus</i> Stål, 1878	-	1	-	-	-	-	-	-	1
<i>Allotruxalis gracilis</i> (Giglio-Tos, 1897)	-	-	4	2	-	1	9	2	18
<i>Allotruxalis sp.</i> Rehn, 1944	-	-	2	2	1	1	-	-	6
<i>Amblytropidia robusta</i> Bruner, 1906	-	-	-	-	1	1	-	-	2
<i>Amblytropidia sp.</i> Stål, 1873	-	-	8	-	3	-	-	1	12
<i>Cylindrotettix santarosae</i> Roberts, 1975	-	2	1	1	-	3	-	1	8
<i>Dichroplus misionensis</i> Carbonell, 1968	-	3	5	21	1	4	9	6	49
<i>Eutryxalis filata filata</i> (Walker, 1870)	2	-	1	-	-	-	-	-	3
<i>Metaleptea adpersa</i> (Blanchard, 1843)	10	8	7	2	1	1	3	-	32
<i>Orphulella punctata</i> (De Geer, 1773)	-	-	3	24	2	-	1	3	33
<i>Orphulella concinnula</i> (Walker, 1870)	-	-	1	-	-	-	-	-	1
<i>Psiloscirtus olivaceus</i> Bruner, 1911	3	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Psiloscirtus sp.</i> Bruner, 1911	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Ronderosia bergii</i> (Stål, 1878)	-	1	-	-	-	-	-	-	1
<i>Scotusa lemniscata</i> (Stål, 1861)	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Proscopiidae									
<i>Proscopiidae sp.</i>	-	1	4	1	5	-	3	1	15
Tetrigidae									
<i>Tetrigidae sp.</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Romaleidae									
<i>Xyleus discoideus</i> (Serville, 1831)	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Total	15	16	37	54	14	11	26	15	188

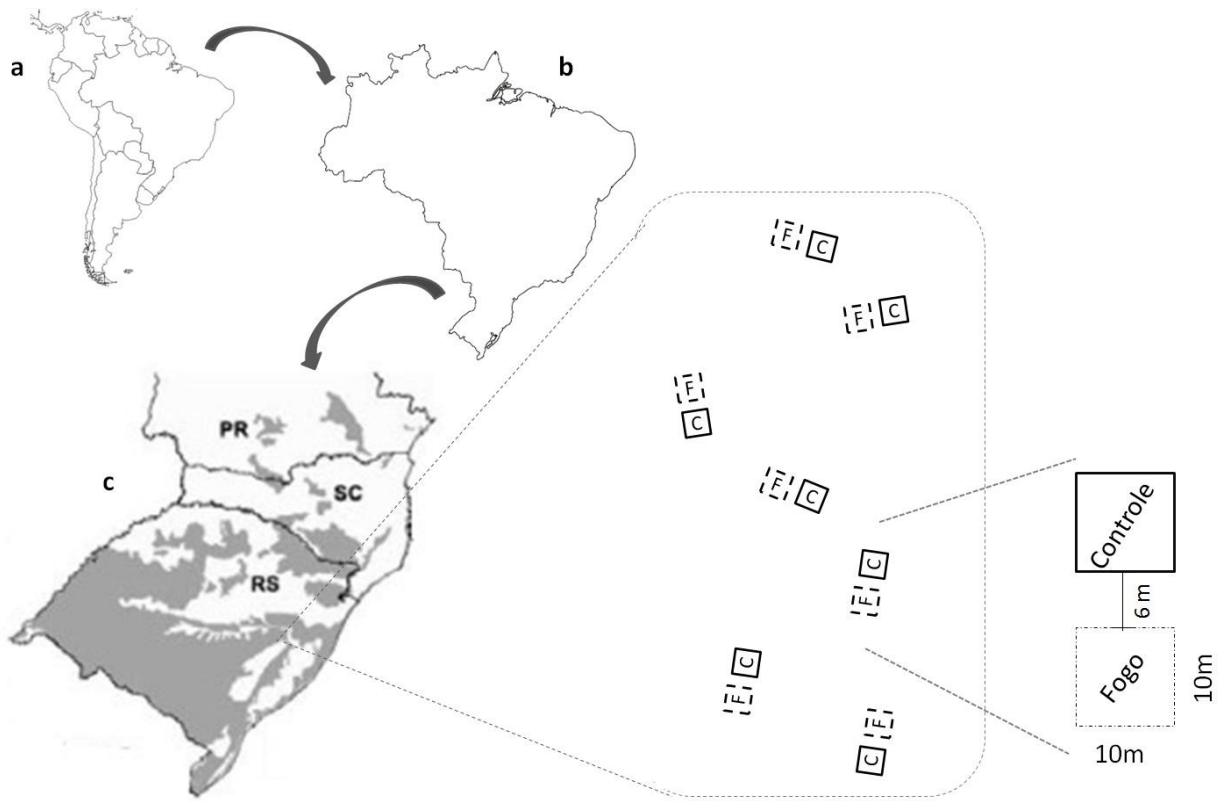


Fig 1 Localização do experimento (Eldorado do Sul, RS). a: visão geral da América do Sul; b: visão geral do Brasil; c: distribuição dos campos sulinos na região Sul do Brasil (adaptado de Overbeck *et al* 2007a) e d: desenho amostral do estudo.

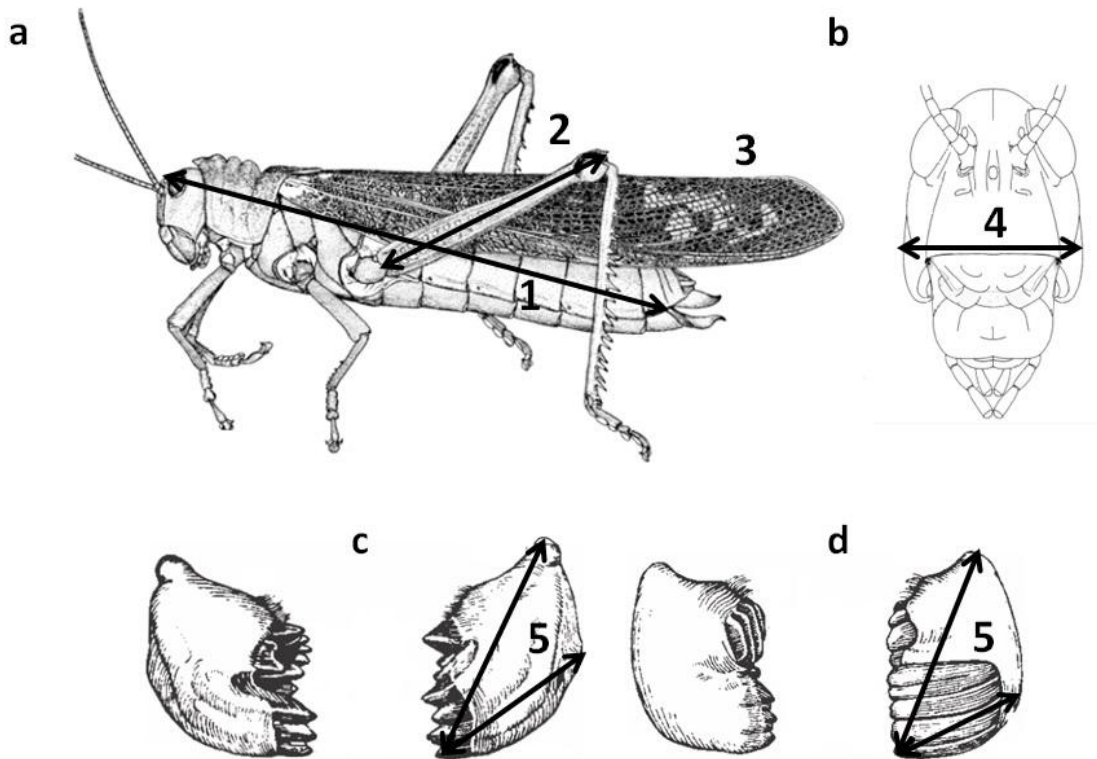


Fig 2 Variáveis morfométricas mensuradas, a descrição da mensuração e a natureza quantitativa dos atributos funcionais dos gafanhotos utilizados no estudo. As informações métricas foram transformadas em métricas relativas com a finalidade de tornar estes atributos independentes (Podgaiski *et al* 2013). a: tamanho do corpo (1) (do ápice do vértice ao final do abdome), tamanho relativo do fêmur posterior ao tamanho do copo (2) (da junção trocânter/fêmur até o início da junção fêmur/tíbia), presença/funcionalidade da asa (3) (ausente = 0; presente/braquíptera = 0,5; presente = 1); b: largura relativa da cabeça ao tamanho do corpo (4) (distância entre os pontos mais distantes do epicrânio quando vista de frente); c e d: tamanho relativo da mandíbula (esquerda) à largura da cabeça (mandíbulas de gafanhotos com diferentes hábitos de alimentação - folhas macias (c) e folhas largas e de gramíneas (d)) (5) (de cada um dos eixos de rotação até a extremidade da região molar, obtendo-se o tamanho da mandíbula através da média das duas métricas). (adaptado de Castro & Bravo 2001, Chapman 2009). Com exceção do atributo asa, todos os dados dos atributos foram do tipo quantitativo.

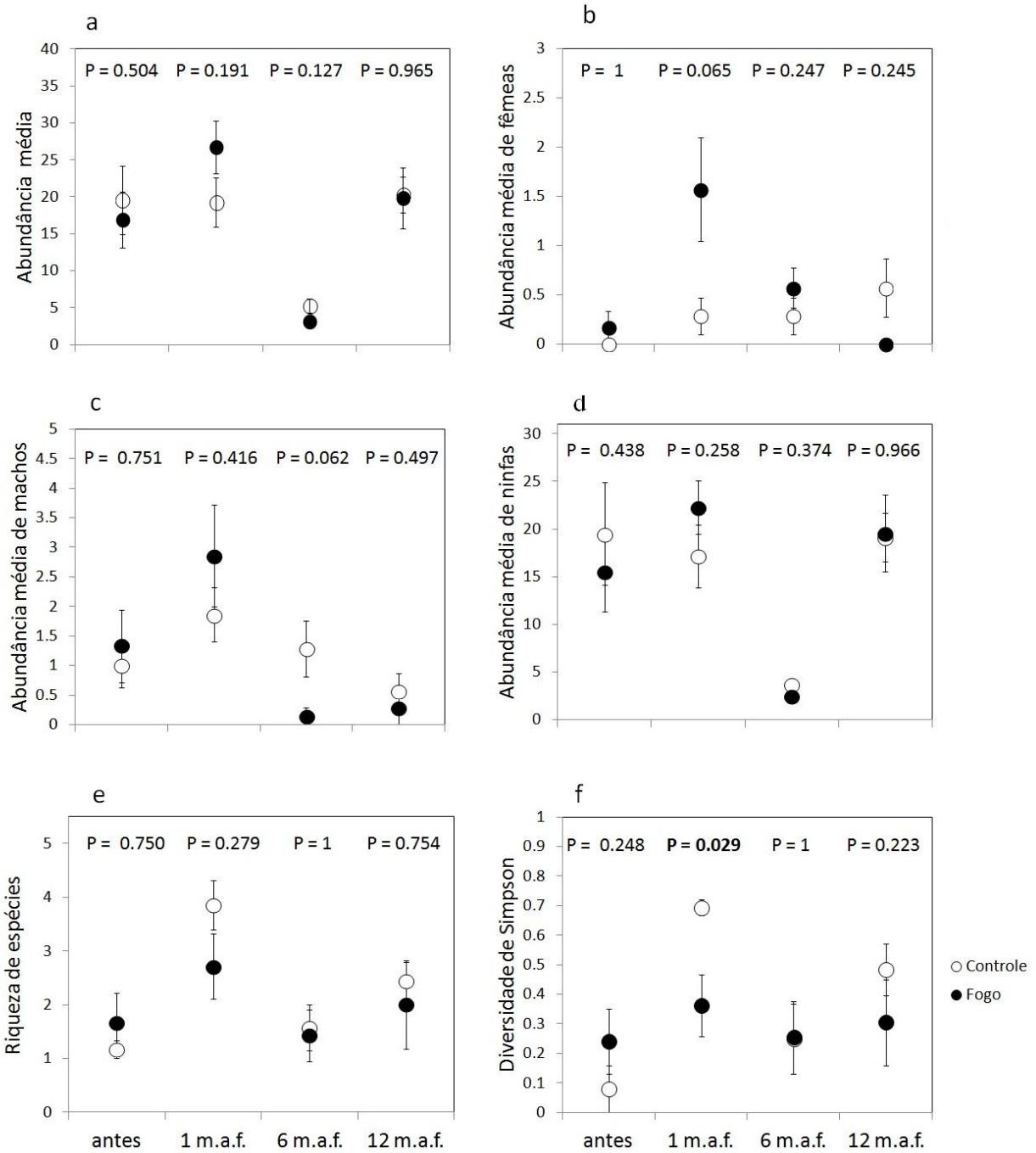


Fig 3 Resiliência taxonômica da assembleia de gafanhotos ao fogo, com os respectivos valores de P. Média da abundância de indivíduos de gafanhotos (a), da abundância de indivíduos fêmea (b), macho (c), e ninfa (d). Média da riqueza de espécies (e) e média da diversidade de Simpson de espécies (f). m.a.f. = meses após o fogo. As barras representam erro padrão.

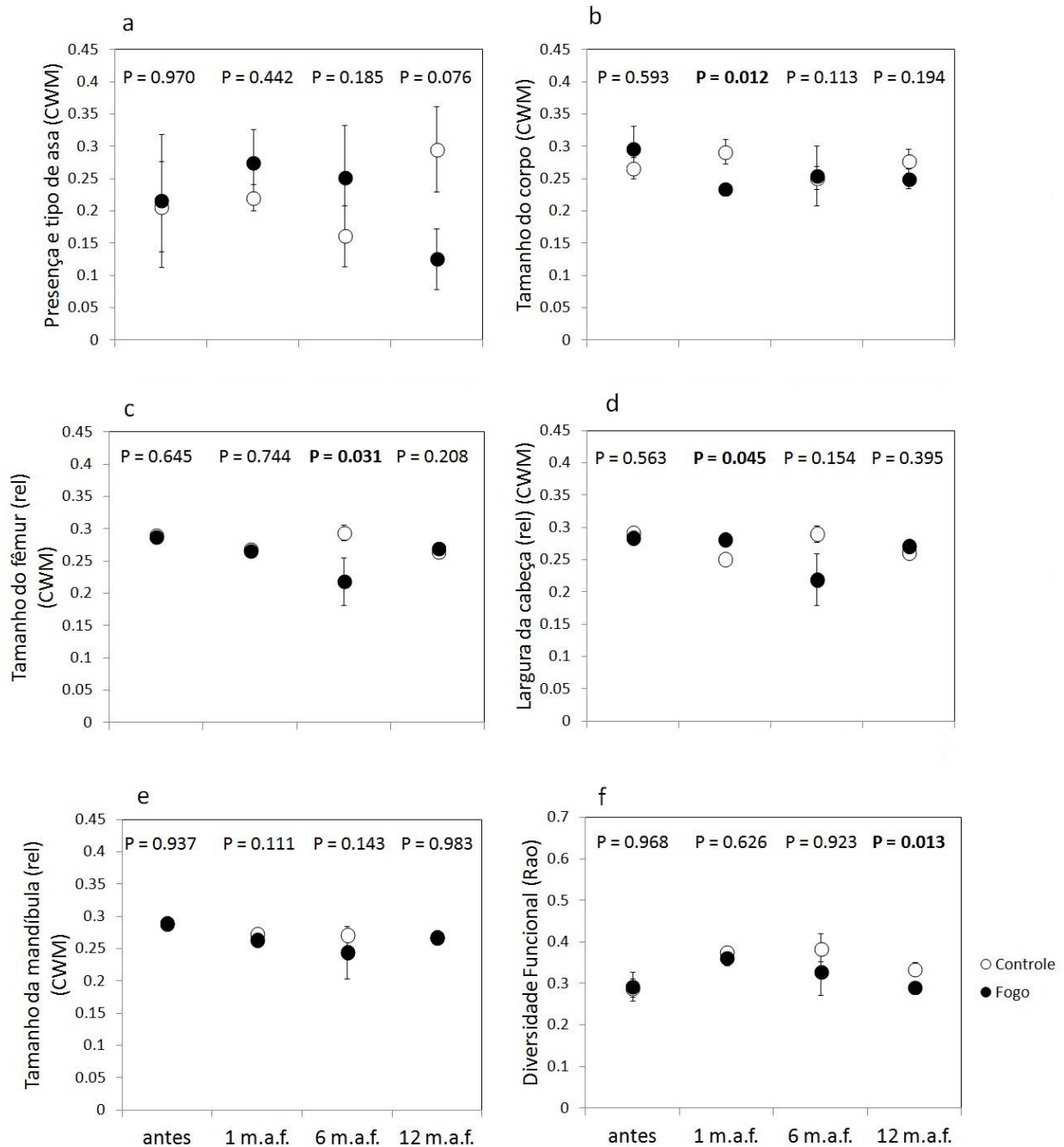
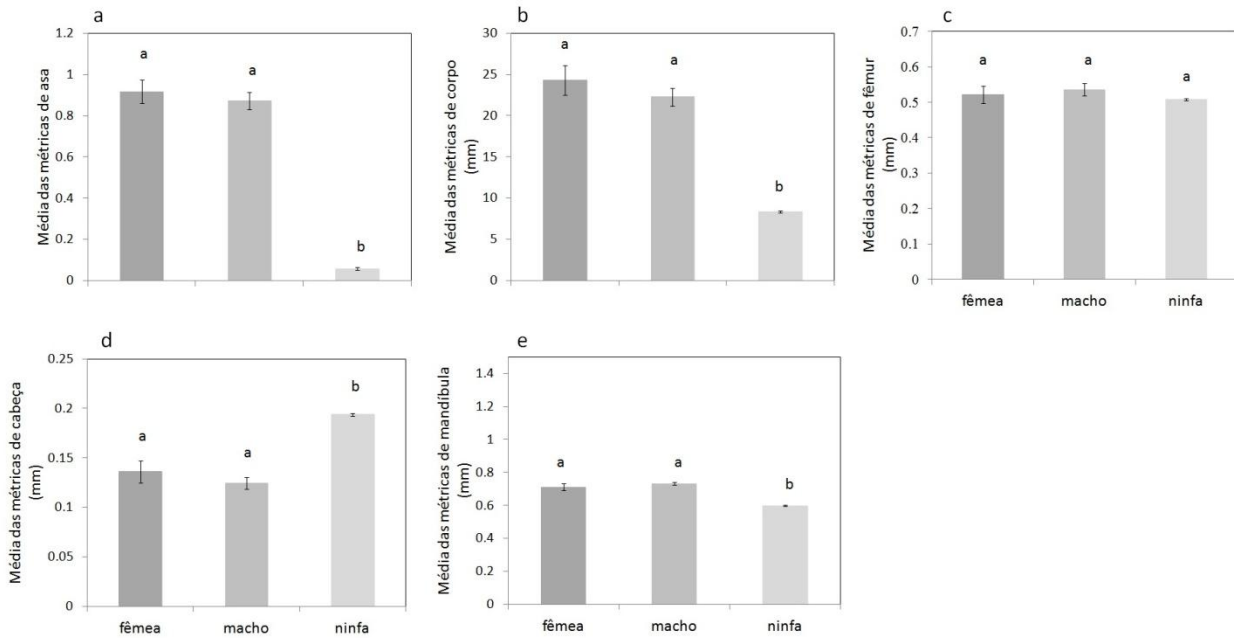


Fig 4 Resiliência funcional de gafanhotos ao fogo, com os respectivos valores de P. Média dos CWM (atributos médios das comunidades de gafanhotos) da presença e tipo (funcionalidade) da asa (a), do tamanho do corpo (b), do tamanho do fêmur (c), da largura da cabeça (d), do tamanho da mandíbula (e) e da diversidade funcional dos indivíduos (f). m.a.f. = meses após o fogo. As barras representam erro padrão.

Apêndice 5 Diferenças entre as médias das métricas de atributos funcionais de Caelifera utilizadas no estudo foram comparadas para todos os estados com ANOVA de um fator com permutação em blocos. Média das métricas de asa (a), corpo (b), fêmur (c), cabeça (d) e de mandíbula (e). Diferentes letras indicam diferenças significativas entre os estados ($P < 0.01$). As barras representam erro padrão.



Apêndice 6 Abundância dos estados organizmais (gênero/estágio de desenvolvimento) dos Caelifera nas parcelas controle (C) e fogo (F) em cada data amostral. (m.a.f. = mês (meses) após o fogo).

Tempo/parcela	Fêmea		Macho		Ninfa		Total
	C	F	C	F	C	F	
Antes	0	1	6	8	131	109	255
1	0	0	2	2	17	23	44
2	0	0	1	1	36	19	57
3	0	0	2	0	12	8	22
4	0	1	0	0	20	28	49
5	0	0	0	1	32	15	48
7	0	0	1	4	14	16	35
1 m.a.f.	2	11	13	20	120	156	322
1	1	2	3	2	12	21	41
2	1	2	1	0	31	20	55
3	0	0	1	0	10	17	28
4	0	0	4	4	16	12	36
5	0	2	1	6	12	22	43
6	0	4	2	4	28	31	69
7	0	1	1	4	11	33	50
6 m.a.f.	2	4	9	1	26	17	59
1	0	0	1	0	3	3	7
2	0	0	3	1	7	3	14
3	1	1	1	0	3	2	8
4	0	0	0	0	3	0	3
5	0	1	1	0	2	5	9
6	1	1	3	0	3	2	10
7	0	1	0	0	5	2	8
12 m.a.f.	4	0	4	2	134	137	281
1	0	0	0	0	28	18	46
2	0	0	1	0	9	10	20
3	1	0	0	0	18	7	26
4	0	0	0	0	20	15	35
5	1	0	2	2	14	29	48
6	2	0	0	0	18	37	57
7	0	0	1	0	27	21	49
Total	8	16	32	31	411	419	917