



ROBERTA ALVARENGA OLIVEIRA

**RESISTÊNCIA CONSTITUTIVA E INDUZIDA EM PLANTAS
FORRAGEIRAS À CIGARRINHA-DAS-PASTAGENS
(HEMIPTERA: CERCOPIDAE)**

LAVRAS – MG

2018

ROBERTA ALVARENGA OLIVEIRA

**RESISTÊNCIA CONSTITUTIVA E INDUZIDA EM PLANTAS FORRAGEIRAS À
CIGARRINHA-DAS-PASTAGENS (HEMIPTERA: CERCOPIDAE)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de Doutora.

Prof. Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza
Orientador
Dr. Alexander Machado Auad
Coorientador

**LAVRAS - MG
2018**

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

Oliveira Alvarenga, Roberta.

Resistência constitutiva e induzida em plantas forrageiras à
cigarrinha-das-pastagens (Hemiptera: Cercopidae) / Roberta
Alvarenga Oliveira. - 2018.

93 p.

Orientador(a): Bruno Henrique Sardinha de Souza.

Coorientador(a): Alexander Machado Auad.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2018

Bibliografia.

1. Indução de resistência. 2. Fertilização. 3. Parâmetros
biológicos. I. Souza, Bruno Henrique Sardinha. II. Auad, Alexander
Machado. III. Título.

ROBERTA ALVARENGA

**RESISTÊNCIA CONSTITUTIVA E INDUZIDA EM PLANTAS FORRAGEIRAS À
CIGARRINHA-DAS-PASTAGENS (HEMIPTERA: CERCOPIDAE)**

**CONSTITUTIVE AND INDUCED RESISTANCE OF FORAGES
TO SPITTLEBUGS (HEMIPTERA:CERCOPIDAE)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 16 de março de 2018.

Profa. Dra. Rosângela Cristina Marucci	UFLA
Profa. Dra. Eliana Alcantra	Unincor
Dr. Rogério Antônio Silva	EPAMIG - Sul de Minas

Prof. Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza
Orientador
Dr. Alexander Machado Auad
Coorientador

**LAVRAS – MG
2018**

*À minha mãe pelo amor e carinho em todas as etapas e pelo apoio incondicional em todas as
minhas escolhas.
Ao professor Jair Campos Moraes pelo apoio e exemplo de profissional.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, por iluminar meu caminho e permitir a realização deste trabalho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Entomologia, pela oportunidade concedida para a realização do Doutorado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gérias (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Jair Campos Moraes, pela orientação em todos anos anteriores, pela amizade, confiança e pelos ensinamentos que foram de grande importância para a realização deste trabalho e para meu crescimento profissional. Agradeço por ter me dado a oportunidade de iniciar meu caminho na Entomologia.

Ao meu coorientador Dr. Alexander Machado Auad, pela paciência, amizade, aprendizado, incentivo, pela efetiva participação na construção de todas as etapas da tese. Sinto-me privilegiada de ter tido a oportunidade de ser sua coorientada. Agradeço pelos conhecimentos transmitidos e, principalmente, pelo carinho durante todos esses anos. Gratidão imensa de ter feito parte da família Auad!

Ao Prof. Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza, por ter aceitado o convite da orientação, pela participação na banca examinadora e pelo aprimoramento deste trabalho.

Às professoras Dra. Rosângela Cristina Marucci e Dra. Eliana Alcantra e ao pesquisador Dr. Rogério Antônio Silva, por gentilmente aceitarem o convite para fazerem parte da banca examinadora.

A todos os professores do Departamento de Entomologia da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos colegas do doutorado pelo companheirismo e amizade.

As amigas do laboratório de resistência, Amanda Nascimento e Dona Irene, pelas orações, amizade e disponibilidade em ajudar sempre.

À Embrapa Gado de Leite, pela oportunidade e estrutura concedida para a realização dos experimentos.

Aos amigos do laboratório de Entomologia da Embrapa Gado de Leite, Bruno Veríssimo, Marci Fonseca, Iris Paiva, Marcele Leandro, Tiago Resende, Brunno Santos, Giani Batista, Siloé, Marlene Cantarino e, principalmente, Daniela Silva, pela amizade, harmoniosa convivência e pelos inúmeros momentos de alegria e diversão. Não posso deixar de mencionar que sem a ajuda de todos este trabalho seria inviável. Obrigada pelas incontáveis

horas de campo, casa de vegetação e laboratório. Agradeço também por terem feito minha estadia em Juiz de Fora muito mais prazerosa.

À minha grande amiga Sandra Elisa, minha anja juiz-forana, pelos incontáveis momentos de desabafos, ajuda em todas as etapas da tese, pela amizade e companheirismo. Agradeço por ter tido em meu caminho uma pessoa tão especial e tão disposta a ajudar a todos.

À minha família, em especial à minha mãe Carmem por todo cuidado, confiança e amor incondicional, ao meu avô Cincinato (*in memoriam*) por ser meu maior exemplo de vida, à minha tia Ritinha, pela ajuda e suporte à minha família, minha irmã Bruna e meus queridos sobrinhos, Giulia e Rafael, pelos momentos de alegria, descontração e carinho.

Ao meu namorado Sergio, pelo companheirismo, amor, paciência e ajuda em todos os momentos, por ser meu maior incentivador e por se fazer tão presente, mesmo que à distância.

Às minhas amigas de Lavras, pelo companheirismo e momentos de alegria.

A todos, que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!!!

RESUMO GERAL

O objetivo neste trabalho foi avaliar aspectos relacionados à resistência constitutiva e induzida em forrageiras às cigarrinhas-das-pastagens (Hemiptera: Cercopidae). Avaliaram-se a adequabilidade nutricional de diferentes forrageiras às principais espécies de cigarrinha-das-pastagens que ocorrem no Brasil e a viabilidade do uso de fertilizantes e indutores químicos, silício e óxido nítrico, no controle desses insetos-praga. Foi possível observar que para *Deois schach*, a forrageira *Brachiaria ruzizensis* se apresenta como mais adequada. Para *Notozulia entreriana*, não foi possível verificar maior adequabilidade das forrageiras. Para *Mahanarva spectabilis*, a forrageira *Pennisetum purpureum* se apresentou como a mais adequada. Foi observado que em um monocultivo de *B. ruzizensis*, as espécies *M. spectabilis* e *D. schach* se desenvolveram melhor. Em *P. purpureum*, *M. spectabilis* se apresenta como o maior problema, e nas forrageiras *C. dactylon* e *P. maximum* nenhuma das cigarrinhas se desenvolveram adequadamente, caracterizando essas plantas como inadequadas. Foi demonstrado que a cigarrinha *M. spectabilis* respondeu à presença da fertilização de modo diferente em função dos genótipos/cultivares ofertados. O ataque de cigarrinha-das-pastagens foi capaz de diminuir características de produção das forrageiras, independente da fertilização do solo e do uso de indutores de resistência. Porém, também foi observado que a fertilização do solo aumentou a habilidade das plantas forrageiras em minimizar os efeitos dos danos de infestação de *M. spectabilis*, mas não é capaz de evitá-los. Já os indutores químicos utilizados não foram hábeis para a alterar de forma negativa os parâmetros biológicos de *M. spectabilis* e nem diminuir sua população. No entanto, foi possível observar um aumento no conteúdo de compostos fenólicos quando as forrageiras foram tratadas com silício e, quando foram atacadas por insetos adultos. Porém, apesar de haver uma aumento na quantidade de fenólicos nas forrageiras tratadas com silício, este parâmetro não mostrou ser útil para detectar resistência contra cigarrinha-das-pastagens, sugerindo que as mudanças fisiológicas e bioquímicas que o silício interfere devem ser mais estudadas.

Palavras-chave: Parâmetros biológicos. Fertilização. Silício. Óxido nítrico. Indução de resistência.

GENERAL ABSTRACT

Aspects related to constitutive and induced resistance on forages to spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) were analyzed. Nutrition feasibility of different forages to the main species of spittlebugs that occur in Brazil was assessed. The feasibility of fertilizers and chemical inducers, silicon and nitric oxide, was also verified for the control of that insect pests. The values obtained for *D. schach* confirmed that *B. ruziziensis* was the most suitable host plant. Since *N. entreriana* did not show differences in the evaluated parameters, it was not possible to determine the ideal forage suitability. For *M. spectabilis*, *P. purpureum* was found to be the most suitable. The evaluation of the performance of the different spittlebugs within a single forage also showed the identification of which spittlebugs are characterized was a problem. In a monoculture of *B. ruziziensis*, the species *M. spectabilis* and *D. schach* developed better. On *P. purpureum*, *M. spectabilis* was a major problem, and on the forages *C. dactylon* and *P. maximum*, none of the spittlebugs developed properly, indicating that these plants are less suitable. It was demonstrated *M. spectabilis* responded differently to fertilization due to genotypes/cultivars provided. Spittlebug attack decreased the characteristics of forage production regardless of soil fertilization and the use of resistance inducers. However, soil fertilization increased the capacity of forage plants in minimizing infestation damage effects of *M. spectabilis*, but not to the point of avoiding them. On the other hand, chemical inducers were neither able to alter negatively the biological parameters of *M. spectabilis* nor diminish its population. However, an increase in the contents of phenolic compounds was reported when forages were treated with silicon and when attacked by adult insects. Although there was an increase in the amount of phenolics in silicon-treated forages, that parameter was not useful to detect resistance against the spittlebug. This fact reveals that physiological and biochemical changes brought about by silicon should be further studied.

Keywords: Biological parameters. Fertilization. Silicon. Nitric oxide. Induction of resistance.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE.....	9
INTRODUÇÃO GERAL.....	9
REFERÊNCIAS	13
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	17
ARTIGO 1.....	17
SPITTLEBUGS (HEMIPTERA: CERCOPIDAE) AND THEIR HOST PLANTS: A STRATEGY FOR PASTURE DIVERSIFICATION	17
Abstract.....	19
Introduction.....	20
Materials and methods.....	21
Results	23
Discussion.....	24
Acknowledgments:	28
REFERENCES	29
ARTIGO 2.....	35
TOLERÂNCIA DE FORRAGEIRAS EM SOLOS FERTILIZADOS À INFESTAÇÃO DE NINFAS E ADULTOS DE <i>Mahanarva spectabilis</i> (HEMIPTERA: CERCOPIDAE) .	35
RESUMO	37
ABSTRACT	38
1. INTRODUÇÃO	39
2. MATERIAL E MÉTODOS	40
2.1 Plantio das forrageiras, fertilização do solo, e obtenção e criação da cigarrinha-das-pastagens.....	40
3 RESULTADOS	44
4 DISCUSSÃO	47
5 CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS	54
ARTIGO 3.....	63
USO DE SILÍCIO E ÓXIDO NÍTRICO NA INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA DE FORRAGEIRAS A <i>Mahanarva spectabilis</i> (HEMIPTERA: CERCOPIDAE).....	63
RESUMO	65
ABSTRACT	66
INTRODUÇÃO	67
MATERIAL E MÉTODOS.....	68
RESULTADOS.....	72
DISCUSSÃO.....	74
REFERÊNCIAS	80

PRIMEIRA PARTE

INTRODUÇÃO GERAL

A pecuária tem lugar de destaque no cenário da economia brasileira, sendo o Brasil um dos principais produtores e exportadores de carne bovina e um dos principais produtores de leite (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA, 2017). Essa posição considerável do país no cenário mundial de produção bovina é devido às condições favoráveis de solo e clima, ao uso de raças bovinas melhoradas e adaptadas às condições tropicais e aos sólidos programas de avaliação e seleção de forragens existentes no país, na qual resultam na liberação de cultivares altamente adaptadas e produtivas (JANK; VALLE; RESENDE, 2011). Praticamente toda a produção brasileira de carne bovina tem como base as pastagens; a forma mais econômica e prática de produzir e oferecer alimentos para os bovinos. Essas, portanto, desempenham papel fundamental na pecuária brasileira, garantindo baixos custos de produção (DIAS-FILHO, 2014).

Apesar de estar entre os maiores produtores mundiais, a produtividade na maioria das pastagens do Brasil é considerado baixa, devido ao seu nível de degradação (COSTA et al., 2008), onde as práticas inadequadas de manejo do pastejo são apontadas como uma das principais causas (DIAS-FILHO, 2011). Outro fator que pode favorecer e até acelerar a degradação das pastagens é a ocorrência de insetos, principalmente cigarrinhas (VALÉRIO, 2009). A introdução de novas gramíneas para a formação de pastagens, oriundas principalmente da África Tropical, ocasionou em muitas regiões do Brasil uma explosão populacional das cigarrinhas-das-pastagens (SILVA; MAGALHÃES, 1980). Atribui-se também o aumento na densidade populacional desses cercopídeos à expansão de áreas cultivadas com apenas uma espécie de gramínea, a *Brachiaria decumbens* (CARVALHO, 1985). Aos poucos, as cigarrinhas multiplicaram-se nas espécies introduzidas devido às condições ecológicas e alimentares ideais que proporcionavam, tornando-se problema nacional (SILVA; MAGALHÃES, 1980).

Cigarrinha-das-pastagens é o nome genérico de um complexo de espécies de cigarrinhas que atacam quase todos os gêneros importantes de gramíneas forrageiras e são consideradas insetos-pragas limitantes na produção pecuária da América tropical (HOLMANN; PECK, 2002; PECK, 2002). Os gêneros *Mahanarva*, *Deois* e *Notozulia* (Hemiptera: Cercopidae) estão entre os principais gêneros de cigarrinhas que ocorrem no Brasil, sendo tradicionalmente associados às pastagens (MELO et al., 1984; VALÉRIO et al.,

2001) e destaque tem sido dado à espécie *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) (Hemiptera: Cercopidae) (AUAD et al., 2007; FONSECA et al., 2016; RESENDE et al., 2012; SILVA et al., 2017).

O ciclo biológico das cigarrinhas se completa no período de chuvas e normalmente os insetos adultos e ninfas desaparecem na seca, quando os ovos permanecem em diapausa (AUAD et al., 2011; GUAGLIUMI, 1972). As cigarrinhas requerem calor e umidade para desenvolverem e proliferarem, e o número de gerações é em função da duração do período chuvoso (FONTES; PIRES; SUJII, 1995; VALÉRIO, 2009).

Os danos causados às forrageiras são resultantes da alimentação, tanto das ninfas quanto dos adultos. As ninfas se alimentam nas raízes, inserindo seus estiletes nos vasos do xilema e sugando a seiva, destruindo dessa forma os vasos condutores, o que dificulta o transporte de água e nutrientes, debilitando a planta e causando o sintoma conhecido por desordem fisiológica (BYERS; WELL, 1966). Porém, o principal dano é causado pelos adultos, que ao se alimentarem, injetam toxinas presentes na saliva, causando amarelecimento e seca da folha, reduzindo a capacidade fotossintética da planta (VALÉRIO, 2009). Esses danos reduzem a produção de massa seca e a qualidade da forragem (VALÉRIO; NAKANO, 1988) e também torna a forragem impalatável para o gado (SOUZA et al., 2008). O comprometimento das pastagens anualmente atacadas por esse inseto constitui um problema relevante dentro da bovinocultura, e as cigarrinhas são capazes de reduzir drasticamente a produção e a qualidade das pastagens (VALÉRIO, 2013). Segundo Thompson (2004), a estimativa de perda causada por esses insetos variam de 840 milhões a 2,1 bilhões de dólares por ano em todo o mundo.

O controle químico de cigarrinhas em pastagens se depara com limitações importantes; sendo a primeira de ordem ecológica, visto que demandaria o tratamento de extensas áreas e, a segunda, de ordem econômica, associada ao alto custo resultante do tratamento dessas grandes áreas (VALÉRIO, 2013). Portanto, para viabilizar o controle de cigarrinhas, deve-se integrar diversos métodos de controle. Uma alternativa para a redução populacional é a diversificação de pastagens com a introdução de gramíneas forrageiras menos adequadas ao desenvolvimento das cigarrinhas, ou seja, forrageiras resistentes por antibiose (AGUIRRE et al., 2013; CARDONA et al., 2004; SILVA et al., 2017; SOTELO et al., 2008). As pesquisas supracitadas demonstram os esforços de pesquisadores no sentido de identificar gramíneas resistentes às cigarrinhas, porém, o tempo necessário para o desenvolvimento e lançamento de novas cultivares resistentes é relativamente longo (VALÉRIO, 2009).

Nesse sentido, uma outra estratégia é o aumento da resistência pelas mudanças na fisiologia das plantas. Segundo Altieri e Nicholls (2003), qualquer fator que afeta a fisiologia da planta pode permitir mudanças na sua resistência aos insetos. De acordo com Mattson (1980), a adubação nitrogenada aumenta a atividade fotossintética da planta e estimula a divisão celular, determinando aumento no teor de proteínas e na biomassa total. Por outro lado, a adubação nitrogenada provoca alterações na quantidade e qualidade do nitrogênio presente na planta, uma vez que aumenta os níveis de nitrogênio solúvel, principalmente como aminoácidos livres, os quais podem ser assimilados por diversas espécies de insetos.

A fertilização do solo pode impactar a suscetibilidade fisiológica das plantas aos insetos, afetando a tolerância das plantas ao ataque ou alterando a aceitabilidade das plantas a insetos fitófagos (ALTIERI; NICHOLLS, 2003). Também vale ressaltar que a disponibilidade de nutrientes no solo não somente afeta a quantidade de injúrias que a planta recebe dos insetos, mas a habilidade das plantas em recuperar das injúrias provocadas pela herbivoria (MEYER, 2000). Segundo Aguiar et al. (2014) a disponibilidade de nutrientes afeta a capacidade das forrageiras recuperarem das injúrias ocasionadas por cigarrinhas quando estas estão sob baixa infestação. Meyer (2000) também demonstrou interação entre injúrias de insetos e a disponibilidade de nutrientes no solo na capacidade das plantas de *Brassica nigra* recuperarem das injúrias provocadas por lagartas de *Pieris rapae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Pieridae). Estes resultados sugerem que altos níveis de nutrientes no solo aumentam a habilidade das plantas em tolerarem a herbivoria.

Outra tática desenvolvida que altera a fisiologia das plantas e que pode beneficiar o controle de insetos-praga é a utilização de indutores de resistência. O tratamento de plantas com diferentes indutores bióticos (patógenos e insetos fitófagos) e abióticos (químicos) induzem resistência nas plantas que as protegem contra ataques subsequentes (WAR et al., 2011). Esta indução é mediada por meio de mecanismos fisiológicos, químicos e moleculares (HU et al., 2009; ZHAO et al., 2009), e é uma manifestação temporária de resistência, na qual as plantas se tornam menos adequadas para o inseto. Estudos têm demonstrado que a aplicação de indutores, tais como o silício promovem aumento de resistência aos insetos (ASSIS et al., 2013; MORAES et al., 2005). Resistência contra os insetos através da aplicação de silício são centralizadas em dois principais mecanismos: mecânicos (físicos) e bioquímicos ou moleculares (REYNOLDS et al., 2016). O acúmulo e a polimerização de silício na célula epidérmica aumenta a rigidez e abrasividade dos tecidos das plantas, conseqüentemente reduz a atividade alimentar dos insetos (GOUSSAIN et al., 2002; MASSEY; ENNOS; HARTLEY, 2006; KVEDARAS et al., 2007, YANG et al., 2017). Estudos também demonstram que o

silício aumenta a atividade enzimática das plantas, indicando síntese de compostos de defesa das plantas contra agentes externos (GOMES et al., 2005) e altera a atividades de metabólitos secundários, os quais também podem incluir metabólitos envolvidos em defesas indiretas (KVEDARAS et al., 2010).

Outros indutores que desencadeiam respostas específicas de defesas nas plantas são indutores doadores de óxido nítrico (ARASIMOWICZ; FLORYSZAK-WIECZOREK, 2007). O óxido nítrico se caracteriza por ser uma molécula que participa em vários processos fisiológicos nas plantas, como promoção de germinação, extensão foliar e crescimento de raízes (CORPAS; BARROSO, 2015) e confere tolerância a estresses abióticos, aumentando ambos o sistema de defesa enzimático e não enzimático (KAZEMI et al., 2010; SIMAEI et al., 2011). Além disso, foi demonstrado que o óxido nítrico atua como molécula sinalizadora e está envolvido na expressão de enzimas de defesa e resistência sistêmica adquirida (KRASYLENKO; YEMETS; BLUME, 2010). Estudos demonstram o papel do óxido nítrico na resistência de plantas contra doenças (DELLEDONNE et al., 1998; MUR; CARVER; PRATS, 2006). Porém, poucos são os trabalhos envolvendo a aplicação de óxido nítrico na defesa contra insetos.

Nesse contexto e com o objetivo de compreender aspectos relacionados à resistência constitutiva e induzida de forrageiras à cigarrinha-das-pastagens, este projeto foi dividido em três bioensaios: “Cigarrinha-das-pastagens (Hemiptera: Cercopidae) e suas plantas hospedeiras: estratégia para a diversificação de pastagens” com o objetivo de avaliar a adequabilidade nutricional de diferentes forrageiras para *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909), *Deois schach* (Fabricius, 1787) e *Notozulia entreriana* (Berg, 1879) (Hemiptera: Cercopidae) e avaliar a performance de cada espécie de cigarrinha em monoculturas de forrageiras; “Tolerância de forrageiras em solos fertilizados à infestação de ninfas e adultos de *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae)”, com o objetivo de analisar a influência da fertilização sobre a sobrevivência ninfal de *M. spectabilis* e seus danos na produção, qualidade e capacidade de rebrota das forrageiras; e “Uso do silício e óxido nítrico na indução de resistência de forrageiras à *Mahanarva spectabilis*”, com o propósito de avaliar a viabilidade do uso dos indutores químicos silício e óxido nítrico, com base nas alterações das características vegetativas das forrageiras e nas mudanças de alguns aspectos biológicos de *M. spectabilis*.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, D. M. et al. *Brachiaria ruziziensis* responses to different fertilization doses and to the attack of *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae) nymphs and adults. **The Scientific World Journal**, 2014.
- AGUIRRE, L. M. et al. Characterization of resistance to adult spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) in *Brachiaria* spp. **Journal of Economic Entomology**, v. 106, n. 4, p. 1871-1877, 2013.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. **Soil and Tillage Research**, v. 72, n. 2, p. 203-211, 2003.
- ARASIMOWICZ, M.; FLORYSZAK-WIECZOREK, J. Nitric oxide as a bioactive signalling molecule in plant stress responses. **Plant Science**, v. 172, n. 5, p. 876-887, 2007.
- ASSIS, F. A. et al. The effects of foliar spray application of silicon on plant damage levels and components of larval biology of the pest butterfly *Chlosyne lacinia saundersii* (Nymphalidae). **International Journal of Pest Management**, v. 59, n. 2, p. 128-134, 2013.
- AUAD, A. M. et al. Seasonal dynamics of egg diapause in *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) (Hemiptera: Cercopidae) on elephant grass. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 78, n. 2, p. 325-330, abr./jun. 2011.
- AUAD, A. M. et al. Seleção de genótipos de capim-elefante quanto à resistência à cigarrinha-das-pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 8, p. 1077-1081, ago. 2007.
- BYERS, R.A.; WELLS, H.D. Phytotoxemia of *Coastal bermudagrass* caused by the two-lined spittlebug *Prosapia bicincta* (Homoptera: Cercopidae). **Annals of the Entomological Society of America**, Columbus, v. 59, n. 6, p. 1067-1071, 1966.
- CARDONA, C. et al. Antibiosis and tolerance to five species of spittlebug (Homoptera: Cercopidae) in *Brachiaria* spp: Implications for breeding for resistance. **Journal of Economic Entomology**, v. 97, n. 2, p. 635-645, 2004.
- CARVALHO, S. M. Preferência de postura de *Deois schach* em relação a diferentes espécies hospedeiras e tipos de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 6, p. 631-633, jun. 1985.
- CORPAS, F.; BARROSO, J. B. Nitric oxide from a “green” perspective. **Nitric Oxide**, v. 45, p. 15-19, 2015.
- COSTA, C. et al. Evolução das pastagens e do efeito bovino no Brasil. **Veterinária e Zootecnia**, v. 15, p. 8-17, 2008.
- DELLEDONE, M. et al. Nitric oxide functions as a signal in plant disease resistance. **Nature**, v. 394, n. 6693, p. 585, 1998.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. Ed. Revista, Atualizada e Ampliada. Belém: Editora do Autor, 2011.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: EMBRAPA/CPATU, 2014. (Documentos, 402).

FONSECA, M. G. et al. How will *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae) respond to global warming? **Journal of Insect Science**, v. 16, n. 1, p. 1-6, 2016.

FONTES, E. G. ; PIRES, C. S. ; SUJII, E. R. Mixed risk-spreading strategies and the population dynamics of a Brazilian pasture pest, *Deois flavopicta* (Homoptera: Cercopidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 88, n. 5, p. 1256-1262, 1995.

GOMES, F. B. et al. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 6, p. 547-551, nov./dez. 2005.

GOUSSAIN, M. M. et al. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera Noctuidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 305-310, abr./jun. 2002

GUAGLIUMI, P. **Pragas da cana-de-açúcar no nordeste do Brasil**. Coleção Canavieira, n. 10, 1972.

HOLMANN, F.; PECK, D. C. Economic damage caused by spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) in Colombia: A first approximation of impact on animal production in *Brachiaria decumbens* pastures. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 275-284, 2002.

HU, X. et al. Early signal transduction linking the synthesis of jasmonic acid in plant. **Plant Signaling and Behavior**, v. 4, n. 8, p. 696-697, 2009.

JANK, L.; VALLE, C. B.; RESENDE. Breeding tropical forages. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, p. 27-34, 2011.

KAZEMI, N. et al. Effects of exogenous salicylic acid and nitric oxide on lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in leaves of *Brassica napus* L. under nickel stress. **Scientia Horticulturae**, v. 126, n. 3, p. 402-407, 2010.

KRASYLENKO, Y. A.; YEMETS, A. I.; BLUME, Y. B. Functional role of nitric oxide in plants. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 57, n. 4, p. 451-461, 2010.

KVEDARAS, O. L. et al. Silicon enhances natural enemy attraction and biological control through induced plant defences. **Bulletin of Entomological Research**, v. 100, n. 3, p. 367-371, jun., 2010.

KVEDARAS, O. L. et al. Water stress augments silicon-mediated resistance of susceptible sugarcane cultivars to the stalk borer *Eldana saccharina* (Lepidoptera: Pyralidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 97, n. 2, p. 175-183, 2007.

- LARA, M. F. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo: Ícone, 336p, 1991.
- MASSEY, F. P.; ENNOS, A. R.; HARTLEY, S. E. Silica in grasses as a defence against insect herbivores: contrasting effects on folivores and a phloem feeder. **Journal of Animal Ecology**, v. 75, n. 2, p. 595-603, 2006.
- MATTSON, W. J. Herbivory in relation to plant nitrogen content. **Annual Review Of Ecology, Evolution, And Systematics**, Palo Alto, v. 11, p. 119-161, 1980.
- MELO, L. A. S. et al. Influência de elementos climáticos sobre a população de cigarrinhas-das-pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 9-19, jan. 1984.
- MEYER, G.A. Interactive effects of soil fertility and herbivory on *Brassica nigra*. **Oikos**, v. 88, n. 2, p. 433-441, 2000.
- MORAES, J. C. et al. Feeding non-preference of the corn leaf aphid *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) to corn plants (*Zea mays* L.) treated with silicon. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 761-766, jul./ago., 2005.
- MUR, L. A. J., CARVER, T. L. W.; PRATS, E. NO way to live; the various roles of nitric oxide in plant-pathogen interactions. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 3, p. 489-505, 2006.
- PECK, C. Distribución y reconocimiento del salivazo de los pastos (Homoptera: Cercopidae) en la Costa Caribe de Colombia. **Pasturas Tropicales**, v. 24, n. 1, p. 4-15, 2002.
- RESENDE, T. T. et al. Impact of the spittlebug *Mahanarva spectabilis* on signal grass. **The Scientific World Journal**, 2012.
- REYNOLDS, O. L. et al. Silicon: potential to promote direct and indirect effects on plant defense against arthropod pests in agriculture. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, 2016.
- SILVA, A. B.; MAGALHÃES, B. P. **Insetos nocivos as pastagens do Pará**. Belém: EMBRAPA/CPATU, 1980. (Boletim de Pesquisa).
- SILVA, S.E.B. et al. Biological performance and preference of *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae) for feeding on different forage plants. **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. 4, p. 1877-1885, 2017.
- SIMAEI, M. et al. Effects of salicylic acid and nitric oxide on antioxidant capacity and proline accumulation in *Glycine max* L. treated with NaCl salinity. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 16, p. 3775-3782, 2011.
- SOTELO, P. A. et al. Sublethal effects of antibiosis resistance on the reproductive biology of two spittlebug (Hemiptera: Cercopidae) species affecting *Brachiaria* spp. **Journal of Economic Entomology**, v. 101, n. 2, p. 564-568, 2008.
- SOUZA, J. C. et al. **Cigarrinhas-das-pastagens: histórico, bioecologia, prejuízos, monitoramento e medidas de controle**. EPAMIG, 2008. (Circular Técnica, 42).

THOMPSON, V. Associative nitrogen fixation, C4 photosynthesis, and the evolution of spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) as major pests of neotropical sugarcane and forage grasses. **Bulletin of Entomological Research**, v. 94, n. 3, p. 189-200, 2004.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Foreign Agricultural Service**, 2017. Disponível em <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/>>. Acesso em janeiro de 2018.

VALÉRIO, J. R. **Cigarrinha das pastagens**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Gado de Corte, 2009. (Documentos, 179).

VALÉRIO, J. R. **Manejo de insetos-praga**. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G. R. (Ed.). Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros. Jaboticabal: Multipress, 2013. p. 317-331.

VALÉRIO, J. R. et al. **Spittlebugs: Bioecology, host plant resistance and advances in IPM**. In Proceedings 19th International, p. 214-221, 2001.

VALÉRIO, J.R.; NAKANO, O. Locais de alimentação e distribuição vertical de adultos da cigarrinha *Zulia entreriana* (Berg, 1879) (Homoptera: Cercopidae) em plantas de *Brachiaria decumbens* Stapf. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 17, n. 2, p. 519-529, 1988.

WAR, A. R. et al. Role of salicylic acid in induction of plant defense system in chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Plant Signaling & Behavior**, v. 6, n. 11, p. 1787-1792, 2011.

YANG, L. et al. Silicon amendment is involved in the induction of plant defense responses to a phloem feeder. **Scientific Reports**, v. 7, n. 4232, p. 1-9, 2017.

ZHAO, L. Y. et al. Biochemical and molecular characterizations of *Sitobion avenae*-induced wheat defense responses. **Crop Protection**, v. 28, n. 5, p. 435-442. 2009.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**ARTIGO 1****SPITTLEBUGS (HEMIPTERA: CERCOPIDAE) AND THEIR HOST PLANTS: A
STRATEGY FOR PASTURE DIVERSIFICATION**

This article was written in accordance with the standards of Applied Entomology and Zoology, for which it was submitted, accepted and published (Applied Entomology and Zoology: Vol. 52, No. 4, p. 653-660, 2017).

Spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) and their plant hosts: strategy for pasture diversification

R Alvarenga¹. Alexander M Auad^{2*}. Jair C Moraes¹. Sandra E B Silva¹. Brunno S Rodrigues².
Giani B Silva²

¹Federal University of Lavras, Department of Entomology, Lavras, MG, Brazil.

²Brazilian Agricultural Research Corporation, Embrapa Dairy Cattle, Laboratory of Entomology, Juiz de Fora, MG, Brazil.

*Corresponding author: alexander.auad@embrapa.br. +55 3233117458.

Spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) and their plant host: strategy for pasture diversification

Abstract

Information about the spittlebug biology in different forages assist in control tactics and it is essential for evaluating, selecting and launching new forage cultivars. The aims of this study were to compare the nutritional suitability of different forages, *Brachiaria ruziziensis*, *Pennisetum purpureum*, *Panicum maximum*, and *Cynodon dactylon* for *Mahanarva spectabilis* (Distant) (Hemiptera: Cercopidae), *Deois schach* (Fabricius) (Hemiptera: Cercopidae) and *Notozulia entreriana* (Berg) (Hemiptera: Cercopidae) and to evaluate the performance of each species on forage monocultures. The values obtained for *D. schach* confirmed that *B. ruziziensis* was the most suitable host plant. Since *N. entreriana* did not show differences in the evaluated parameters, it was not possible to determine the ideal forage suitability. For *M. spectabilis*, *P. purpureum* was found to be the most suitable. The evaluation of the performance of the different spittlebugs within a single forage also showed the identification of which spittlebugs are characterized as a problem. In a monoculture of *B. ruziziensis*, the species *M. spectabilis* and *D. schach* developed better. On *P. purpureum*, *M. spectabilis* was a major problem, and on the forages *C. dactylon* and *P. maximum*, none of the spittlebugs developed properly, indicating that these plants are less suitable. These results suggest that the diversification of pastures may be a strategy for the integrated management of spittlebugs.

Keywords: biological aspects. plant resistance. signal grass. elephant grass. bermuda grass.

Introduction

Livestock farming is responsible for more than half the value of world agricultural production and is vital to the economies of many developing countries. In addition to being a source of food, animals are a source of income and jobs (Upton 2004). In Brazil, livestock has a prominent place: the country is second in the world in the production and export of beef and fifth in milk production (United States Department of Agriculture – USDA 2016). Practically all Brazilian beef production is based on the use of pasture, ensuring low production costs (Dias-Filho 2014). However, the productivity level in most pastures in Brazil is considered low due to their degradation level (Costa et al. 2008), with inadequate pasture management practices identified as one of the main causes (Dias-Filho 2011). However, another factor that affects pasture productivity is the occurrence of insects, especially spittlebugs (Valério 2009).

Pasture spittlebugs attack almost all major genera of forage grasses (Poaceae), such as *Brachiaria*, *Cynodon*, *Panicum* and *Pennisetum*, and are considered limiting insect pests in tropical America (Holmann and Peck 2002; Peck 2002). The feeding of both nymphs and adults causes damage to forages. However, the main damage is caused by adults, which reduce the plant photosynthetic capacity when feeding (Valério et al. 2001), thereby reducing dry mass production and forage quality (Valério and Nakano 1988) and also making the forage unpalatable for cattle (Souza et al. 2008). *Mahanarva*, *Deois* and *Notozulia* (Hemiptera: Cercopidae) are among the main spittlebug genera present in Brazil (Aquad et al. 2007; Melo et al. 1984; Valério et al. 2001). The variation in the biology, habitat and taxonomy of the spittlebug species seriously compromises the effectiveness of a management system that tends to generalize the diverse associations among the insect, the host plant and the habitat (Peck 2001). Specific information about the biology of the different host plants is required to establish variation patterns presented by the insect pest and, thus, to assist in control tactics for the pest (Castro et al. 2005).

According to Peck (2001), in several pasture areas, two or more spittlebug species can coexist. However, certain spittlebug species are found at higher frequencies on certain plant species (Aquad et al. 2009). The exact reasons why these forages are suitable for a particular spittlebug species has yet to be determined. The specificity of a host plant is measured by its ability to stimulate an insect to locate that host and use it as a food substrate (Awmack and Leather 2002). Plant species and varieties differ greatly in host suitability for an insect pest species when measured in terms of pest survival and reproductive rates (Parchen and Aquad 2016). These parameters provide information on the growth of an insect pest population over several generations. Furthermore, according to Valério et al. (2005), information on survival

and nymphal period parameters are desirable when evaluating, selecting and launching new forage grass cultivars.

Thus, the aims of this study were to compare the nutritional suitability of *Brachiaria ruziziensis*, *Pennisetum purpureum*, *Panicum maximum* and *Cynodon dactylon* to *Mahanarva spectabilis* (Distant) (Hemiptera: Cercopidae), *Deois schach* (Fabricius) (Hemiptera: Cercopidae) and *Notozulia entreriana* (Berg) (Hemiptera: Cercopidae) and to evaluate the performance of each insect species on forage monocultures.

Materials and methods

Plants and insects

Adult spittlebugs were collected in pastures located at the Embrapa Dairy Cattle Research Station, in Coronel Pacheco, Minas Gerais and taken to the Entomology Laboratory in Juiz de Fora, Minas Gerais. In the laboratory, adults were sorted and the species *M. spectabilis*, *D. schach* and *N. entreriana* were separately maintained in acrylic cages (30 x 30 x 60 cm). In each cage a *P. purpureum* (cv. Napier) plant was placed, with the base wrapped with gauze moistened with distilled water, which served as an oviposition substrate. To remove eggs that had been deposited on the substrate, the gauze was placed on a set of sieves and subjected to water jets, such that the eggs remained on the thinnest sieve (400 µm mesh opening). Eggs were placed in Petri dishes (10 cm Ø), which were lined with moistened filter paper and incubated in a climate chamber (28 ± 2°C, 70 ± 10% RH, 14 h photophase). The filter paper was moistened daily and the embryonic development was observed until the S4 stage, which characterizes eggs that are close to hatching; these eggs were used in the bioassay.

The seedlings of the forage grass species *P. purpureum* (cv. Roxo de Botucatu), *P. maximum* (cv. Makueni) and *C. dactylon* were collected from the experimental field of Embrapa Dairy Cattle. In a greenhouse, *P. purpureum*, *P. maximum*, and *C. dactylon* were vegetatively propagated in plastic pots with a capacity of 500 mL. The pots were filled with soil with a clayey texture (59% clay, 5% sediment and 36% sand) collected from an Embrapa Dairy Cattle experimental field in Coronel Pacheco. Seeds of *B. ruziziensis* were deposited in trays with vermiculite and, after 15 days, the seedlings were transplanted to plastic tubes filled with commercial substrate. Thirty days after transplanting, the plants were definitively transplanted to the plastic pots with a 500 mL capacity. The plants were kept in the Embrapa Dairy Cattle greenhouse, where they were irrigated daily and fertilized weekly with ammonium sulfate until use in the experiments.

Bioassay

The experiment was conducted in a greenhouse with a mean temperature of 22°C (minimum=11.9 and maximum=35.9°C) and mean relative humidity of 85% (RH, minimum=42.6 and maximum=98.7). These parameters were recorded using a HOBO DATALOGGER and transferred to software (Hobowere), and these values represent the means during the experimental period.

To evaluate the nymphal period and survival of each spittlebug species studied, the experimental design was a randomized block in a factorial arrangement 3x4, with three spittlebug species (*M. spectabilis*, *D. schach* and *N. entreriana*) and four forages (*B. ruzizensis*, *P. purpureum*, *P. maximum* and *C. dactylon*) in a total of 15 blocks, yielding a total of 180 sample units.

When forage plants were 45 days old, they were planted in plastic pots with a capacity of 500 mL. Plant roots were exposed to facilitate finding a good location for the feeding site. In each pot (sample unit), 30 eggs from the same spittlebug species, originating from the maintenance establishment at the S4 stage, were placed at the base of the plants. The pots were sealed with a plastic cover, with holes for the stem, to prevent the nymphs from escaping. The infestation was allowed to progress until the first adults began to emerge. After the emergence of the first adult, daily assessments were carried out to quantify the number of live nymphs as well as the date on which the nymphs became adults. Once the adults emerged, the nymphal period (days) and nymphal survival rate (%) of each spittlebug species fed with different forages were calculated. After emergence, the adults were sexed and couples were formed. A single male-female pair (male and female from the same forage species) was placed on the plant shoot and covered with a cage made of “voile” fabric. The plant base was wrapped with gauze moistened with water, which served as an oviposition substrate.

The alive and dead adult counts were recorded daily as a representative measure of longevity. To calculate the total fecundity (number of eggs/female), after the female's death, the oviposition substrate was removed. The eggs were then removed, following the aforementioned method and counted. A completely randomized experimental design was used in which the number of sample units (male-female pair) was in function of the number of adults of each spittlebug species that had emerged per forage.

Statistical analyses

The experimental design was a randomized block in a factorial (three spittlebug species x four forages) in a total of 15 blocks. The biological data were analysed by two-way analysis of variance (ANOVA), with means compared using a Tukey test ($p < 0.05$ was considered significant). The viability data were transformed, by calculating arcsine $\sqrt{X/100}$ before analysis. The analyses were performed using the program SISVAR 5.3 (Federal University of Lavras, MG, Brazil).

Results

Significant interactions were observed between spittlebug species *M. spectabilis*, *D. schach* and *N. entreriana* and forages *B. ruziziensis*, *P. purpureum*, *C. dactylon* and *P. maximum*, for the parameters of nymphal period ($p = 0.042$; $F = 2.241$), nymphal survival ($p < 0.001$, $F = 5.562$), adult longevity ($p = 0.005$, $F = 3.287$) and female fecundity ($p < 0.001$, $F = 6.516$).

The duration of nymphal period varied significantly for all forages evaluated ($p = 0.003$, $F = 4.934$) (Fig. 1). On all forages, *D. schach* had the longest duration, followed by *M. spectabilis* and *N. entreriana*, which showed the lowest values. It was verified that *D. schach* also showed significant differences when the duration of the nymphal period was compared among the forages ($p < 0.001$; $F = 8.10$): duration was longest when this species was fed with *C. dactylon* and *P. purpureum*. However, for *M. spectabilis* ($p = 0.826$; $F = 0.299$) and *N. entreriana* ($p = 0.387$; $F = 1.014$) no effect on the duration of the nymphal period was observed.

It was verified that, on *B. ruziziensis*, *M. spectabilis* showed the highest survival rate, followed by *D. schach* and *N. entreriana* ($p < 0.001$; $F = 18.695$) (Fig. 2). On *P. purpureum*, *M. spectabilis* showed the highest percentages, differing significantly from *D. schach* ($p = 0.017$; $F = 4.157$). Survival on *C. dactylon* ($p = 0.772$, $F = 0.259$) and *P. maximum* ($p = 0.623$, $F = 0.475$) did not differ among the species of spittlebugs. For *D. schach*, the highest percentage of nymphal survival was observed on the *B. ruziziensis* ($p = 0.004$, $F = 4.536$). *M. spectabilis* also showed significant differences ($p < 0.001$; $F = 12.867$), with higher survival when fed with *B. ruziziensis*, followed by *P. purpureum*. The survival values on *P. maximum* were similar to those kept on *P. purpureum* and to ones on *C. dactylon*. For *N. entreriana*, the different forage species had no significant effect on the survival percentage ($p = 0.126$, $F = 1.931$) (Fig. 2).

Regarding adult longevity, when adults were fed with *B. ruziziensis*, the *D. schach* had the highest longevity ($p < 0.001$; $F = 14.476$) (Fig. 3). On *P. purpureum*, the longevity of *D. schach* and *M. spectabilis* were significantly higher when compared with *N. entreriana* ($p = 0.003$;

$F=6.093$). On the *C. dactylon*, the spittlebug with the highest longevity averages was *D. schach* ($p=0.022$; $F=3.895$); on *P. maximum*, *D. schach* had the highest longevity ($p=0.001$, $F=10.041$). *D. schach* showed the highest longevity when fed with *B. ruziziensis* and *P. purpureum* ($p=0.020$, $F=3.358$). For *M. spectabilis*, the highest longevity was observed when *P. purpureum* was offered ($p<0.001$; $F=10.290$). For the *N. entreriana*, the highest longevity was observed when *P. purpureum* and *C. dactylon* were offered ($p=0.007$; $F=4.155$).

For spittlebugs fed with *B. ruziziensis* ($p=0.1474$, $F=1.904$) and *C. dactylon* ($p=0.951$; $F=0.052$), the number of eggs per female did not differ statistically (Fig. 4). When they were fed with *P. purpureum* ($p<0.001$; $F=34.051$) and *P. maximum* ($p=0.018$; $F=3.997$), *M. spectabilis* had the highest egg numbers per female. When we compared fecundity among the forages, it was observed that only *M. spectabilis* showed significant differences ($p<0.001$; $F=24.198$); it produced the highest average number of eggs when fed with *P. purpureum* (33.28 eggs/female) and the lowest average number of eggs when fed with *C. dactylon* (0.25 eggs/female) (Fig. 4).

Discussion

Plant species differ in their suitability as hosts for herbivorous insects. This suitability is defined by several aspects of a host plant that affect the performance of immature or adult insects that use such plants as food (Singer 1986). Development time, immature mortality, adult fecundity and longevity are characteristics influenced by the species, cultivar, physiological state (van Lenteren and Noldus 1990) and chemical and nutritional attributes of host plants (Singh and Mullick 1997).

The results of the present work indicate a substantial variation in the development and reproduction of *D. schach*, *M. spectabilis* and *N. entreriana* fed with *B. ruziziensis*, *P. purpureum*, *C. dactylon* and *P. maximum*. As the abiotic factors were the same for all spittlebug species, the differences observed were caused by the different food sources and their ability to provide compounds that are vital for the development and reproduction of the insects in question.

Forage species vary in morphological characteristics, nutritional value and secondary metabolites (Cardona et al. 2004). According to Parchen and Auad (2016), different insect species can complete their development, produce offspring and increase their population potential on different forages. However, characteristics such as duration, survival and reproduction of each species change depending on the nutritional status of each forage.

Under the greenhouse conditions used, only *D. schach* showed significant differences in the nymphal period among the different forages, with a significantly longer duration for *C. dactylon* and *P. purpureum* forages. According to Grisoto et al. (2014), a lengthening of the spittlebug nymphal period may be associated with lower survival, which was confirmed in this work for *D. schach* when it fed on *C. dactylon* and *P. purpureum*. These forages were associated with the longest nymphal periods and were among the forages that provided lower nymphal survival percentages for *D. schach*. An extended nymphal period average suggests the expression of a non-preference for feeding and/or antibiosis in the host plant (Baldin et al. 2005). It is possible that the prolongation of the immature stage was due to adverse morphological factors, which can affect the insect performance, causing the need for a longer time to complete the stage (Smith 2005). This prolongation can also be attributed to nutritional differentiation or the presence of secondary compounds in plants (Naseri et al. 2009). Dixon (2000) suggested that the developmental time depends on food quality, with more nutritious food supporting shorter developmental times. Our results are consistent with the results obtained by other authors, who, when evaluating the species *Aeneolamia varia* (Fabricius) (Hemiptera: Cercopidae) and *Zulia carbonaria* (Lallemand) (Hemiptera: Cercopidae), found a relationship between lower survival and prolonged nymphal duration on the forages (Sotelo et al. 2008). Another implication of increased nymphal development time is that it may expose the nymphs to high risks of environmental stress, desiccation and natural enemies (Pires et al 2000), which may also lead to fewer population outbreaks.

On *B. ruziziensis*, a shorter nymphal period and a higher nymphal survival for *D. schach* was found, indicating a greater suitability of this forage for this pest species. This suitability has been confirmed by several authors who have demonstrated that *B. ruziziensis* cultivars are susceptible to several genera and species of spittlebugs, including the genus *Deois* (Aguirre et al. 2013; Pabón et al. 2007; Valério et al. 2001). Greater adult longevity for *D. schach* on *B. ruziziensis* was also observed. Under field conditions, this increase in longevity may increase the oviposition period, thereby increasing the insect population growth in the next generations. In addition, greater longevity increases the amount of time the adults remain in the field, thereby increasing the degree of injury caused by toxins injected into the plants during feeding, which is the main damage caused by this pest (Grisoto et al. 2014).

It was observed that *M. spectabilis* nymphs showed higher survival on *B. ruziziensis* than on the other forages. However, the fecundity and longevity of adults were not highest on *B. ruziziensis*. This variation in the effects of forage on the different insect life stages suggests that the factor or factors responsible for the traits of antibiosis resistance in forages are highly

independent for nymphs and adults (Aguirre et al. 2013; Cardona et al. 2010; Lófez et al. 2009). On *P. purpureum*, it was also observed that the responses of the different life stages of the insect differed. Nymphal survival of *M. spectabilis* was intermediate compared with survival on the other forages; however, this forage was associated with a considerably higher average number of eggs/female and also greater adult longevity, thus providing evidence that the factors that confer resistance to nymphs and adults are independent.

Direct measures of fecundity are probably the most reliable indicator of the effects of host plant quality (Awmack and Leather 2002). Fecundity, together with rate of development and longevity, determine the growth rate of a population and thus characterize the success or failure of an insect pest (Hentz and Nuessly 2004) and the ability to cause direct damage to plants. It is known that the quality and quantity of nutrients ingested by an insect can directly affect their survival and reproduction (Razmjou and Golizadeh 2010). Notably, the highest observed fecundity value occurred when *M. spectabilis* was fed with *P. purpureum*, indicating the high potential of this species to be a significant insect pest on this forage. The lowest value was observed when they were fed on *C. dactylon*. These results indicate the existence of different nutritional suitability for *M. spectabilis* among the forage species tested, with *C. dactylon*, the least suitable, drastically reducing the reproductive capacity of *M. spectabilis*, and *P. purpureum* the most suitable. According to Valério et al. (2001), the genus *Mahanarva* was historically associated with taller and more robust grasses, such as *P. purpureum*. This result is also consistent with earlier observations by Auad et al. (2007), which demonstrated the susceptibility of the *P. purpureum* cultivar studied (Roxo de Botucatu) to *M. spectabilis*.

The number of *M. spectabilis* eggs observed in the present study was consistent with numbers found in previous studies. Ferreira et al. (2013) and Fonseca et al. (2016) also found higher fecundity averages on *P. purpureum* for *M. spectabilis* when compared with other forages. However, the low degree of suitability of *C. dactylon* as a host plant for *M. spectabilis* is possibly due to differences in plant quality, differences in nutrients required by the insect or the presence of secondary compounds that may act as antibiotic and/or antixenotic agents. Many researchers have demonstrated that the presence of these traits in other plants diminishes their suitability for other pest insects (Naseri et al. 2009; Sedaratian et al. 2009; Silva et al. 2013; Smith 2005). In this study, the effects of the chemical compounds or morphological structures of the forages were not examined, and more work is therefore needed in this research direction.

For *N. entreriana*, it was possible to verify that all biological parameters of this species, except adult longevity, were similar on all forages. These results suggest that, although

spittlebugs may prefer certain forage species for feeding and oviposition, these insects can maintain their development and reproductive capacity on other forages if no other feeding option is offered (Dinardo-Miranda et al. 2016). It was also possible to observe that, in comparison with the other two spittlebugs, *N. entreriana* had the lowest averages in several evaluated parameters. It is believed that these lower values represent characteristics that are intrinsic to this species.

The data from the present work provide the biological parameters of the spittlebugs *D. schach*, *M. spectabilis* and *N. entreriana* on different forage species, and this information can be used in association with other ecological data available for the development and implementation of an integrated pasture pest management program. In addition, such information is required for a better understanding of the dynamics of the occurrence of different spittlebug species in pastures and may contribute to the decision of which control method should be adopted.

For the genera of spittlebugs studied here, different levels of antibiosis have also been observed in many forage species (Aquad et al. 2007; Cardona et al. 2004; Grisoto et al. 2014; Souza Sobrinho et al. 2010). Simultaneously testing several species of spittlebugs has made it possible to identify if there is a greater nutritional suitability and, consequently, possible antibiosis between the spittlebugs and forage species studied herein. Antibiosis testing is of great practical value since large agricultural areas are often planted with only a single crop, which offers insects no choice among different types of plant (Lourenção and Yuki 1982). It was also possible to verify the need to obtain grasses resistant to a variety of insect pests, even when these insect species are related. If, for example, a forage species has antibiosis that leads to resistance to only one spittlebug species and is extensively cultivated in areas where two or more spittlebug species coexist, antibiosis will reduce the population of a single species. The others, unaffected by the forage species with antibiosis, will be free from competition and may develop and possibly become more abundant and cause more damage (Pabón et al. 2007). This is especially true for pasture areas grown in tropical regions, where only one forage species often covers continuous and extensive areas (Araújo et al. 2008). Therefore, cultivating forage species that provide a lower insect pest performance can significantly reduce the population size of this insect in the field.

The values obtained for *D. schach* confirmed greater suitability for *B. ruziziensis* as a host plant. On this species, a nymphal survival percentage above that found on the other forages and a shorter nymphal duration were verified. For *N. entreriana*, it was not possible to verify greater suitability of the forages studied since no differences were present among the

evaluated parameters. For *M. spectabilis*, *B. ruziziensis* was associated with the highest nymphal survival but a lower fecundity than *P. purpureum*. Based on the evaluation method adopted here, among the forages tested, *P. purpureum* represents the most suitable forage since it provided an intermediate nymphal survival and the highest fecundity rate. The evaluation of the performance of the different spittlebugs on a single forage also allowed us to identify which spittlebug species are characterized as problems when mainly dealing with forage monocultures. It was possible to observe that, when on a monoculture of *B. ruziziensis*, *M. spectabilis* and *D. schach* can develop better and can therefore be characterized as significant pests. On *P. purpureum*, *M. spectabilis* represents a major problem, and on the *C. dactylon* and *P. maximum* forages, none of the spittlebugs evaluated developed properly, indicating that these plants are less suitable for the spittlebugs evaluated. These results suggest that the diversification of pastures may be a strategy for the integrated management of different species of spittlebug. However, further researches have to be carried out to support that.

Acknowledgments: We thank the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Brazil) and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brazil) for supporting our research.

Conflict of interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

REFERENCES

- Aguirre LM, Cardona C, Miles JW, Sotelo G (2013) Characterization of resistance to adult spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) in *Brachiaria* spp. J Econ Entomol 106: 871-1877. doi: 10.1603/EC11189
- Araújo SAC, Deminicis BB, Campos PRSS (2008) Plant breeding of the tropical forage in Brazil. Arch Zootec 57:61-76. (in Portuguese with English summary)
- Auad AM, Simões AD, Pereira AV, Braga ALF, Sobrinho FS, Léo FJS, Paula-Moraes SV, Oliveira AS, Ferreira RB (2007) Selection of elephant grass genotypes for resistance to spittlebug. Pesqui Agropecu Bras 42:1077-1081. doi: 10.1590/S0100-204X2007000800003 (in Portuguese with English summary)
- Auad AM, Carvalho CA, Silva DM, Deresz F (2009) Fluctuation of spittlebug population in brachiaria and elephant grass. Pesqui Agropecu Bras 44:1205-1208. (in Portuguese with English summary)
- Awmack CS, Leather SR (2002) Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. Annu Rev Entomol 47:817-844. doi: 10.1146/annurev.ento.47.091201.145300
- Baldin ELL, Vendramin JD, Lourenção AL (2005) Resistance of tomato genotypes to the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae). Neotrop Entomol 34:435-441. doi:10.1590/S1519-566X2005000300012 (in Portuguese with English summary)
- Cardona C, Fory P, Sotelo G, Pabon A, Diaz G, Miles JW (2004) Antibiosis and tolerance to five species of spittlebug (Homoptera: Cercopidae) in *Brachiaria* spp: Implications for breeding for resistance. J Econ Entomol 97:635-645. doi: 10.1603/0022-0493-97.2.635
- Cardona C, Miles JW, Zuniga E, Sotelo G (2010) Independence of resistance in *Brachiaria* spp. to nymphs or to adult spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae): Implications for breeding for resistance. J Econ Entomol 103: 1860-1865. doi:10.1603/EC10004
- Castro U, Morales A, Peck DC (2005) Population dynamics and phenology of the pasture spittlebug *Zulia carbonaria* (Lallemand) (Homoptera: Cercopidae) in the Cauca River Valley, Colombia. Neotrop Entomol 34: 459-470 566X2005000300012 (in Spanish with English summary)
- Costa C, Meirelles PRL, Silva JJ, Factori MA (2008) Evolution of the cultivated pastures and cattle in Brazil. Veterinária e Zootecnia 15:8-17. (in Portuguese with English summary)
- Dias-Filho MB (2011) Pasture degradation: process, causes and recovery strategies. 4. ed. Rev Atual e Ampl. Belém, PA: Ed do Autor (in Portuguese)
- Dias-Filho MB (2014) Diagnosis of pastures in Brazil. Belém: EMBRAPA/CPATU (Documents, 402) (in Portuguese)
- Dinardo-Miranda LL, Fracasso JV, Perecin D, Oliveira MC, Lopes DOP, Izeppi TS, Anjos IA (2016) Resistance mechanisms of sugarcane cultivars to spittlebug *Mahanarva fimbriolata*. Sci Agric 73:115-124. doi: 10.1590/0103-9016-2014-0446

Dixon AFG (2000) Insect predator–prey dynamic: ladybird beetles and biological control. Cambridge University Press, Cambridge. 259p.

Ferreira RB, Moraes JC, Auad AM, Fonseca MG (2013) Interaction of spittlebug and forage grass under different carbon dioxide concentrations. *J Pest Sci* 86:161-166. doi: 10.1007/s10340-012-0449-7

Fonseca MG, Auad AM, Resende TT, Hott MC, Borges CAV (2016) How will *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae) respond to global warming? *J Pest Sci* 16:1-6. doi: 10.1093/jisesa/iew005

Grisoto E, Vendramin JD, Lourenção AL, Usberti Filho JA, Dias CTS (2014) Biology of *Mahanarva fimbriolata* on forage grasses. *Cienc Rural* 44:1043-1049. doi: 10.1590/S0103-84782014000600015 (in Portuguese with English summary)

Hentz M, Nuessly G (2004) Development, longevity, and fecundity of *Sipha flava* (Homoptera: Aphididae) feeding on *Sorghum bicolor*. *Environ Entomol* 33:546-553. doi: 10.1603/0046-225X-33.3.546

Holmann F, Peck DC (2002) Economic damage caused by spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) in Colombia: A first approximation of impact on animal production in *Brachiaria decumbens* pastures. *Neotrop Entomol* 31:275-284. doi: 10.1590/S1519-566X2002000200016

Lófez F, Cardona C, Miles JW, Sotelo G, Montoya, J (2009) Screening for resistance to adult spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) in *Brachiaria* spp.: Methods and categories of resistance. *J Econ Entomol* 102:1309-1316. doi: 10.1603/029.102.0358

Lourenção AL, Yuki VA (1982) Oviposition of *Bemisia tabaci* (Genn) (Homoptera: Aleyrodidae) on three soybean varieties in a non-choice type experiment. *Bragantia* 41:199-202. doi: 10.1590/S0006-87051982000100021 (in Portuguese with English summary)

Melo LAS, Silveira Neto S, Villa Nova NA, Reis PR (1984) Influence of climatic factors on the spittlebug population. *Pesqui Agropecu Bras* 19:9-19. (in Portuguese with English summary)

Naseri B, Fathipour Y, Moharramipour S, Hosseinaveh V (2009) Comparative life history and fecundity of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) on different soybean varieties. *Entomol Sci* 12:147-154. doi: 10.1111/j.1479-8298.2009.00310.x

Pabón A, Cardona C, Miles JW, Sotelo G (2007) Response of resistant and susceptible *Brachiaria* spp. genotypes to simultaneous infestation with multiple species of spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae). *J Econ Entomol* 100:1896-1903. doi: 10.1603/0022-0493(2007)100[1896:RORASB]2.0.CO;2

Parchen HA, Auad AM (2016) Biological responses of aphids when fed different species of forage. *Fla Entomol* 99:455-462. doi: 10.1653/024.099.0318

- Peck DC (2001) Diversity and geographic distribution of spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) associated with graminoids in Colombia and Ecuador. *Rev Colomb Entomol* 27:129-136. (in Spanish with English summary)
- Peck DC (2002) Distribution and recognition of spittlebug (Homoptera: Cercopidae) on the Caribbean coast of Colombia. *Pasturas Trop* 24:4-15. (in Spanish with English summary)
- Pires CSS, Price PW, Sujii ER, Avelar C (2000) Feeding behavior of the spittlebug *Deois flavopicta* (Homoptera: Cercopidae) on wild and cultivated host plants. *Environ Entomol* 29:750-757. doi: 10.1603/0046-225X-29.4.750
- Razmjou J, Golizadeh A (2010) Performance of corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) (Homoptera: Aphididae) on selected maize hybrids under laboratory conditions. *Appl Entomol Zool* 45:267-274. doi: 10.1303/aez.2010.267
- Sedaratian A, Fathipour Y, Moharramipour S (2009) Evaluation of resistance in 14 soybean genotypes to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *J Pest Sci* 82:163-170. doi: 10.1007/s10340-008-0235-8
- Silva JPGF, Baldin ELL, Souza ESS, Canassa VF, Lourenção AL (2013) Characterization of antibiosis to the redbanded stink bug *Piezodorus guildinii* (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean entries. *J Pest Sci* 86:649-657. doi: 10.1007/s10340-013-0527-5
- Singer MC (1986) The definition and measurement of oviposition preference in plant-feeding insects. In: Miller J, Miller TA (eds) *Insect-plant relations*. Springer, New York, pp 65-94
- Singh AK, Mullick S (1997) Developmental value of chick-pea, *Cicer arietinum*, soybean, *Glycine max* and maize, *Zea mays* flour for *Heliothis armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *J Appl Entomol* 106:286-296. doi: 10.1111/j.1439-0418.1988.tb00595.x
- Sisvar Versão 5.3 (Biud 75) (2010) Systems of analysis of variance for balanced data: Program of statistical analysis and planning of experiments. Lavras, MG. University Federal of Lavras (in Portuguese)
- Smith CM (2005) Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches. Springer Science & Business Media, Dordrecht, The Netherlands. 423p.
- Souza Sobrinho F, Auad AM, Léo FJS (2010) Genetic variability in *Brachiaria ruziziensis* for resistance to spittlebugs. *Crop Breed Appl Biotechnol* 10:83-88. doi: 10.1603/0022-0493(2008)101[564:SEOARO]2.0.CO;2
- Sotelo PA, Miller MF, Cardona C, Miles JW, Sotelo G, Montoya J (2008) Sublethal effects of antibiosis resistance on the reproductive biology of two spittlebug (Hemiptera: Cercopidae) species affecting *Brachiaria* spp. *J Econ Entomol* 101:564-568. doi: 10.1603/00220493(2008)101[564:SEOARO]2.0.CO;2
- Souza JC, Silva RA, Reis PR, Queiroz DS, Silva DB (2008) Spittlebugs: history, bioecology, losses, monitoring and control measures. EPAMIG, (Technical circular, 42) (in Portuguese)

United States Department of Agriculture – USDA (2016) Foreign Agricultural Service. <http://apps.fas.usda.gov/psdonline>. Accessed 5 Jun 2016

Upton M (2004) The role of livestock in economic development and poverty reduction. PPLPI Working paper No. 10. Pro-Poor livestock policy initiative. Rome, FAO

Valério JR (2009) Spittlebugs. Rio de Janeiro: EMBRAPA Gado de Corte, (Documents, 179) (in Portuguese)

Valério JR, Cardona Mejía C, Peck DC, Sotelo G, Kelemu S (2001) Spittlebugs: Bioecology, host plant resistance and advances in IPM. In: Proceedings of the XIX International Grassland Congress. Piracicaba, FEALQ, pp 217-221

Valério JR, Batista LAR, Coelho FA, Pereira AA, Silva FAH, Miranda MM, Oliveira MCS (2005) Resistance of accessions of the genus *Paspalum* to the spittlebug *Notozulia entreriana* (BERG, 1879) (Homoptera: Cercopidae). In: 42th Annual Meeting of the Brazilian Zootechny Society. Federal University of Goiás, Goiânia (in Portuguese with English summary)

Valério JR, Nakano O (1988) Feeding sites and vertical distribution of adults of the pasture spittlebug, *Zulia entreriana* (Berg, 1879) (Homoptera: Cercopidae) on plants of *Brachiaria decumbens* Stapf. An Soc Entomol Bras 17:519-529. (in Portuguese with English summary)

van Lenteren JC, Noldus LPJJ (1990) Whitefly-Plant relationships: Behavioural and ecological aspects. In: Gerling D (ed) Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Andover: Intercept, UK, pp 47-89

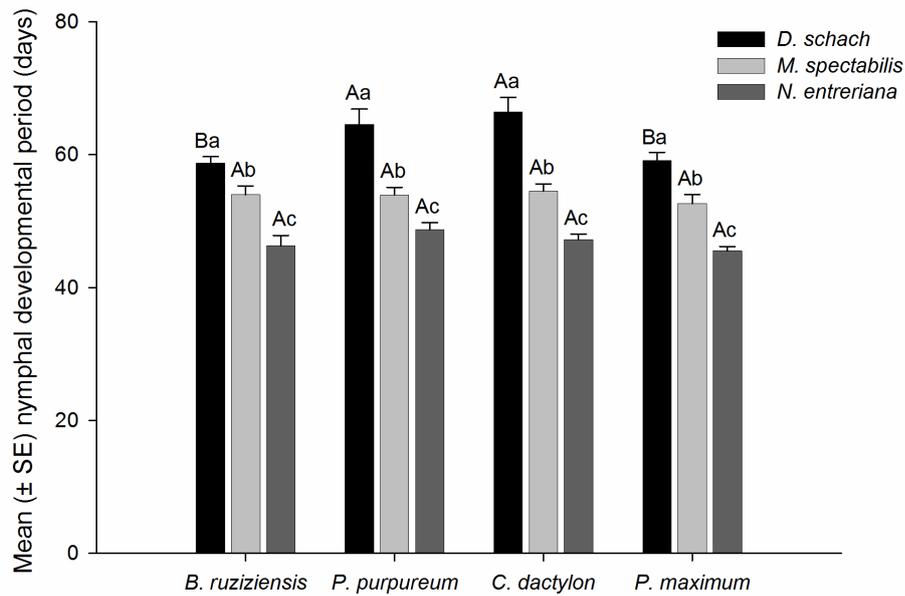


Fig 1 Nymphal developmental period of *D. schach*, *M. spectabilis* and *N. entreriana* fed with different forages. Bars with the same lowercase letter that compare the spittlebug species within a forage plant; and bars with uppercase letter that compare the spittlebug species among the forages, do not differ by the Tukey test ($p < 0.05$)

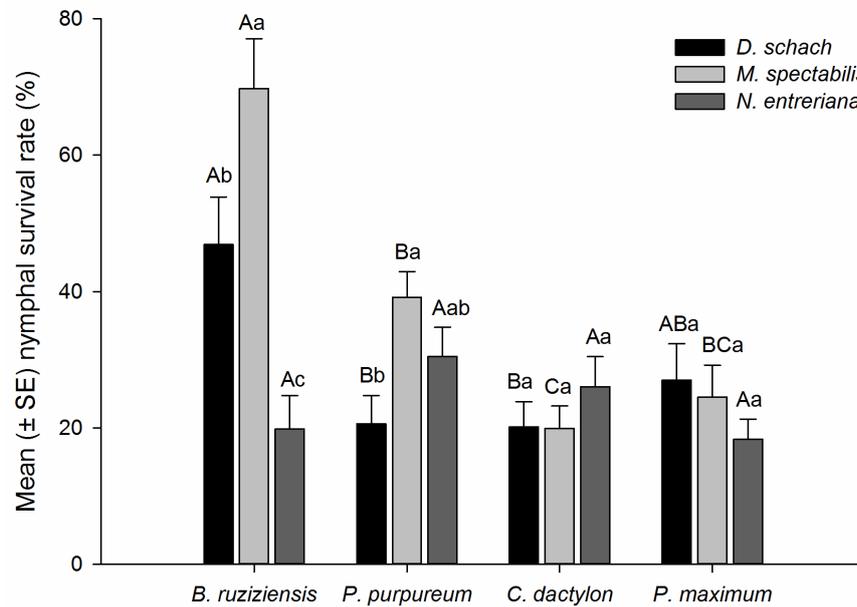


Fig 2 Nymphal survival rate of *D. schach*, *M. spectabilis* and *N. entreriana* fed with different forages. Bars with the same lowercase letter that compare the spittlebug species within a forage plant; and bars with uppercase letter that compare the spittlebug species among the forages, do not differ by the Tukey test ($p < 0.05$)

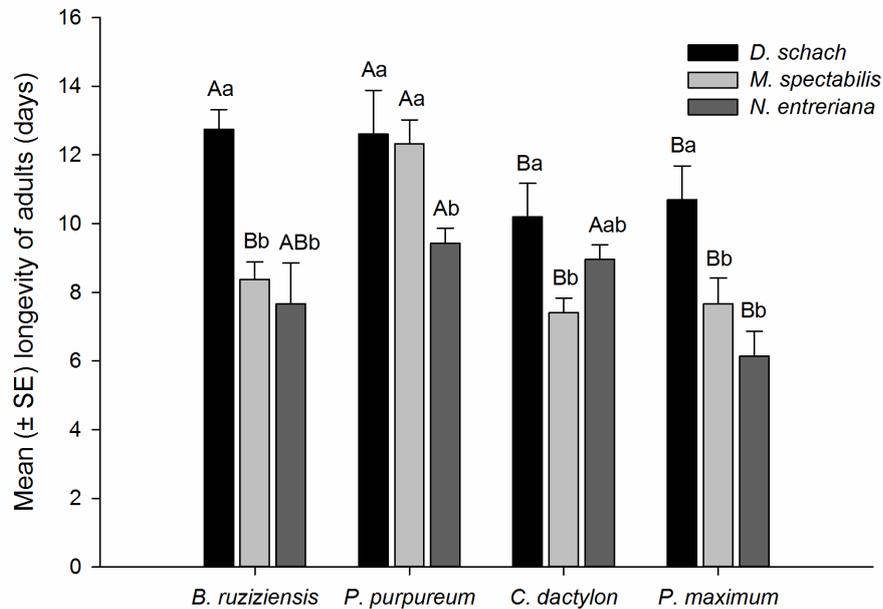


Fig 3 Longevity of adults of *D. schach*, *M. spectabilis* and *N. entreriana* fed with different forages. Bars with the same lowercase letter that compare the spittlebug species within a forage plant; and bars with uppercase letter that compare the spittlebug species among the forages, do not differ by the Tukey test ($p < 0.05$). Original means are shown in the graph

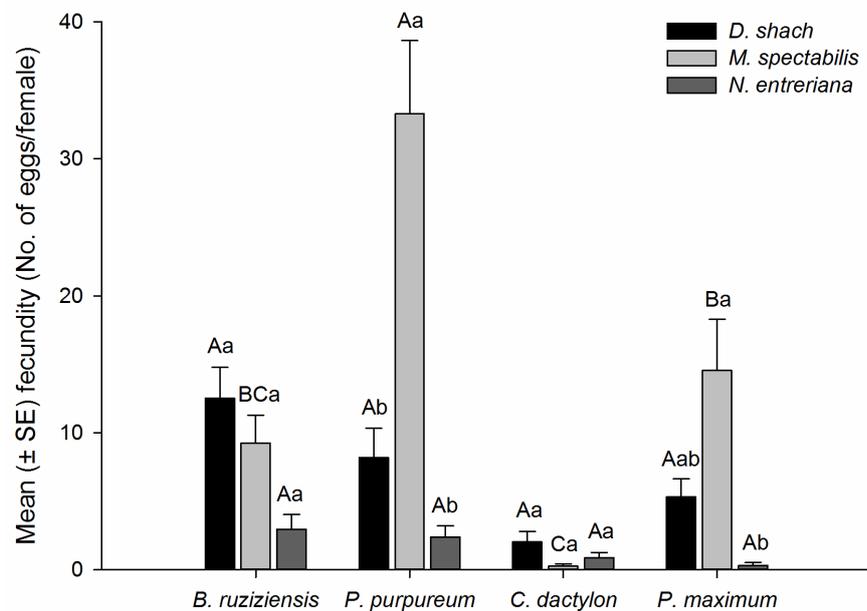


Fig 4 Fecundity of *D. schach*, *M. spectabilis* and *N. entreriana* fed with different forages. Bars with the same lowercase letter that compare the spittlebug species within a forage plant; and bars with uppercase letter that compare the spittlebug species among the forages, do not differ by the Tukey test ($p < 0.05$)

ARTIGO 2**TOLERÂNCIA DE FORRAGEIRAS EM SOLOS FERTILIZADOS À INFESTAÇÃO DE NINFAS E ADULTOS DE *Mahanarva spectabilis* (HEMIPTERA: CERCOPIDAE)**

Este artigo foi escrito de acordo com as normas do periódico Crop Protection, para o qual será submetido. Prévia.

Tolerância de forrageiras em solos fertilizados à infestação de ninfas e adultos de *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae)

Roberta Alvarenga¹; Alexander Machado Auad^{2*}; Jair Campos Moraes¹; Sandra Elisa Barbosa da Silva¹; Brunno Santos Rodrigues²

¹*Universidade Federal de Lavras, Departamento de Entomologia, Lavras, MG, Brasil.*

²*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Gado de Leite, Laboratório de Entomologia, Juiz de Fora, MG, Brasil.*

*Autor correspondente:

Email: alexander.auad@embrapa.br. +55 3233117458.

Endereço completo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Gado de Leite, Laboratório de Entomologia, CEP 36038-330, Juiz de Fora, MG, Brasil.

Declaração de interesse: nenhuma

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho analisar a influência da fertilização com os macronutrientes NPK sobre a sobrevivência ninfal de *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) (Hemiptera: Cercopidae) e os danos de ninfas e adultos na produção, qualidade e capacidade de rebrota das forrageiras *Brachiaria ruziziensis* (genótipos RUZ 1 e RUZ 2), *Pennisetum purpureum* (cultivares BRS Capiacu e BRS Kurumi) e *Digitaria* sp. (genótipos DIG 1 e DIG 2). As plantas foram fertilizadas de acordo com a recomendação (NPK) e o grupo Controle não recebeu nenhum tipo de fertilização e foram expostas às diferentes densidades de ninfas e adultos. A cigarrinha *M. spectabilis* respondeu à presença da fertilização de modo diferente em função dos genótipos/cultivares ofertados. Tanto o ataque de ninfas quanto o de adultos foram capazes de diminuir o teor de clorofila, a capacidade de rebrota das plantas e a qualidade das forrageiras; e aumentar a nota de dano independente da fertilização do solo. Porém, também foi observado que a disponibilidade de nutrientes no solo não somente diminui o teor de fibras, como aumenta o teor de proteína bruta, o teor de clorofila e a capacidade de rebrota das plantas mesmo quando infestadas, indicando que a fertilização do solo aumenta a habilidade das plantas forrageiras em minimizar os efeitos das injúrias ocasionadas pela infestação de *M. spectabilis*, mas não é capaz de evitá-las. Essas características juntamente com os resultados demonstrados pelo teste de sobrevivência, no qual essa não foi alterada pela fertilização do solo, apoia a hipótese de que forrageiras em solos fertilizados são tolerantes ao ataque de ninfas e adultos de *M. spectabilis*.

Palavras-chave: Cigarrinha-das-pastagens; Resistência de plantas; NPK; Adubação.

ABSTRACT

Current paper analyzes the influence of fertilization with macronutrients NPK on the survival of nymphs of *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) (Hemiptera: Cercopidae) and damage by nymphs and adults on the production, quality and regrowth capacity of forages *Brachiaria ruziziensis* (genotypes RUZ 1 and RUZ 2), *Pennisetum purpureum* (cultivars BRS Capiacu and BRS Kurumi) and *Digitaria* sp. (genotypes DIG 1 and DIG 2). Plants were fertilized with NPK and the control group did not receive any fertilization; plants were exposed to different densities of nymphs and adults. The spittlebug *M. spectabilis* responded differently to fertilization according to the genotypes/cultivars. Attacks by nymphs and adults decreased chlorophyll rates, regrowth of plants and forage quality, and increased injury, regardless of fertilizer. Availability of nutrients in the soil did not merely decrease fiber rates but also increased crude protein, chlorophyll and regrowth rates even when pest-infested. The above revealed that soil fertilization increased the capacity of forage plants in lessening, albeit not eliminating, injury effects by *M. spectabilis*. The above characteristics, coupled to results of survival test (not affected by soil fertilization), support the hypothesis that forages in fertilized soils are tolerant to attacks by *M. spectabilis* nymphs and adults.

Keywords: Spittlebugs; Plant resistance; NPK; Acclimation.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se nos setores mundiais de carne e leite, principalmente pelo baixo custo de produção em consequência da exploração predominante em pastagens. Isto torna o país competitivo em nível internacional, destacando-se como o segundo maior exportador mundial de carne bovina e o quinto maior produtor de leite do mundo (United States Department of Agriculture – USDA, 2016). Diante disso, a manutenção das pastagens tem peso significativo. O conhecimento dos fatores limitantes ao crescimento das gramíneas forrageiras é de importância tanto na formação da pastagem quanto no seu manejo. São vários os fatores que podem levar uma pastagem à degradação, dentre estes a aplicação inadequada de nutrientes e o ataque de cigarrinha-das-pastagens (Barcelos et al., 2011).

Cigarrinha-das-pastagens é o nome genérico de um complexo de espécies de cigarrinhas que atacam quase todos os gêneros importantes de gramíneas forrageiras. Entre as espécies que ocorrem no Brasil, *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) (Hemiptera: Cercopidae) é considerada praga limitante na produção de forrageiras (Aquad et al., 2007). As ninfas desses insetos se alimentam nas raízes, destruindo os vasos condutores e dificultando o transporte de água e nutrientes (Valério et al., 2001). Porém, o principal dano é causado pelos adultos, que ao se alimentarem, injetam toxinas presentes na saliva, causando amarelecimento e seca da folha (Valério, 2009), reduzindo o conteúdo de clorofila (Resende et al., 2014) e a capacidade de rebrota das plantas (Aguilar et al., 2014). O controle químico desses insetos em pastagens é considerado economicamente inviável e ecologicamente desfavorável quando se trata de grandes áreas. Portanto, para viabilizar o controle de cigarrinhas, devem-se integrar diversos métodos de controle.

Apesar de a fertilização ser fator preponderante para aumentar a produção de massa e a qualidade das forrageiras (Lopes et al., 2017; Rezende et al., 2015), estima-se que no Brasil somente um pequeno percentual das áreas cobertas com pastagens cultivadas recebe algum tipo de fertilização (Barcelos et al., 2011). A fertilização aumenta a atividade fotossintética da planta, estimula a divisão celular, determinando aumento no teor de proteínas e na biomassa total (Mattson, 1980). Além disso, segundo Hsu et al. (2009), os constituintes químicos e a suscetibilidade aos insetos-praga também podem ser significativamente mediadas pelo manejo da fertilidade do solo.

A fertilização nitrogenada provoca alterações na quantidade e qualidade do nitrogênio presente na planta, uma vez que aumenta os níveis de nitrogênio solúvel, principalmente como aminoácidos livres, os quais podem ser assimilados por diversas espécies de insetos (Altieri; Nicholls, 2003; Mattson, 1980). Porém, vale ressaltar que a disponibilidade de

nutrientes no solo não somente afeta a quantidade de injúrias que a planta recebe dos insetos fitófagos, mas à habilidade das plantas em recuperar das injúrias provocadas pela herbivoria (Meyer, 2000). Plantas são mais propensas a recuperar das injúrias provocadas pela herbivoria à medida que os níveis de nutrientes no solo aumentam; isto porque maior quantidade de nutrientes disponíveis irá aumentar as taxas de crescimento das plantas e permitir que as plantas recuperem das injúrias mais facilmente (Maschinski; Whitham, 1989). Trabalhando com *M. spectabilis* em braquiária, Aguiar et al. (2014) demonstraram que a fertilização com NPK reduz os danos ocasionados por ninfas e adultos e possibilita a recuperação da forrageira quando exposta à baixa densidade de insetos.

Apesar da importância do entendimento da interação inseto-planta na entomologia agrícola, um consenso dos efeitos dos fertilizantes nos insetos ainda tem que ser alcançada (Butler et al, 2012). É conhecida a importância da fertilização do solo para forrageiras. Porém, a capacidade de prever como uma espécie particular de inseto irá responder à fertilização e como a mesma altera a capacidade das plantas em tolerar e recuperar as injúrias causadas pelos insetos permanece limitada. Neste sentido, conduziu-se este trabalho com o objetivo de analisar a influência da fertilização sobre a sobrevivência ninfal de *M. spectabilis* e os danos de ninfas e adultos desse inseto na produção, qualidade e capacidade de rebrota das forrageiras *Brachiaria ruziziensis*, *Pennisetum purpureum* e *Digitaria* sp.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Plantio das forrageiras, fertilização do solo, e obtenção e criação da cigarrinha-das-pastagens

As espécies de gramíneas forrageiras *Brachiaria ruziziensis* (genótipos RUZ 1 e RUZ 2), *Pennisetum purpureum* (cultivares BRS Capiacu e BRS Kurumi) e *Digitaria* sp. (genótipos DIG 1 e DIG 2), do programa de melhoramento de forrageiras, foram advindas do campo experimental da Embrapa Gado de Leite, Coronel Pacheco, Minas Gerais. O solo foi coletado em campo experimental da Embrapa Gado de Leite, Coronel Pacheco, Minas Gerais, com textura argilosa (59% de argila, 5% de sedimento e 36% de areia). Após análise do solo, este foi adubado de acordo com a recomendação da literatura (Ribeiro et al., 1999). A fertilização foi feita incorporando-se 1,19 g/kg de calcário e 0,16 g/kg de N-P-K (04:14:08) no plantio. O grupo controle (Controle) não recebeu nenhum tipo de fertilização.

Em casa de vegetação, as cultivares/genótipos BRS Capiacu, BRS Kurumi, DIG 1 e DIG 2 foram propagados vegetativamente em vasos com capacidade de 1 kg de solo. Os cultivos dos genótipos RUZ 1 e RUZ 2 de *B. ruziziensis* foram feitos a partir de sementes, inicialmente em bandejas com vermiculita e, aos 15 dias, foram transplantados para tubetes contendo substrato comercial de plantas. Trinta dias após a sementeira, as plantas foram transplantadas definitivamente para os vasos com capacidade de 1 kg.

As forrageiras foram mantidas em casa de vegetação da Embrapa Gado de Leite, sendo diariamente irrigadas, e a cada 30 dias foram feitas adubações de cobertura com 50 ml de solução por vaso, equivalente a 0.14 g/kg de N-P-K (20:05:20) para as plantas que receberam a fertilização recomendada (NPK) e o grupo controle recebeu o equivalente (50 ml/vaso) de água.

Adultos e ninfas de *M. spectabilis* foram coletados nos campos experimentais da Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco, Minas Gerais e Santa Mônica, Rio de Janeiro, e mantidos no Laboratório de Entomologia da Embrapa Gado de Leite, em Juiz de Fora, Minas Gerais. Para obtenção de ovos, os adultos foram mantidos em gaiolas de acrílico (30 x 30 x 60 cm), onde em cada gaiola foi colocada uma planta de *P. purpureum* (cv. Napier) com a base envolvida por gaze umedecida em água destilada, que serviu de substrato para oviposição. Para a retirada dos ovos retidos no substrato, a gaze foi colocada sobre um conjunto de peneiras e submetida à água corrente, onde os ovos ficaram retidos na peneira mais fina (400 µm mesh de abertura). Posteriormente, os ovos obtidos foram colocados em placas de Petri (10 cm Ø) forradas com papel filtro umedecido e mantidos em câmara climatizada (28±2°C; 70±10% UR; 14 horas de fotofase). O papel filtro foi umedecido diariamente e o desenvolvimento embrionário foi observado até estágio S4, que caracteriza ovos próximos à eclosão, sendo estes utilizados no primeiro bioensaio. Este estágio de desenvolvimento do ovo é caracterizado por dois pontos vermelhos em cada lado do opérculo.

Todos os bioensaios foram conduzidos em condições de casa de vegetação, sob fotoperíodo natural, temperatura média de 27°C (mínima=20.0 e máxima=49.4°C) e média de 72% de umidade relativa (mínima=22.5 e máxima=94.4%). Dados climáticos durante todos os bioensaios foram monitorados em um DATALOGGER (HOBOWare) e armazenado para análises posteriores.

2.2 . Bioensaio 1. Efeitos da fertilização do solo na sobrevivência ninfal de *M. spectabilis*

Para determinar como as mudanças induzidas pela fertilização afeta *M. spectabilis*, foram utilizadas plantas das forrageiras com 70 dias após a última poda de padronização. Em cada vaso (unidade amostral), foram colocados 20 ovos de cigarrinha em estágio S4, oriundas da criação de manutenção. As raízes das plantas foram expostas para facilitar a alimentação e as bases dos vasos foram fechadas com tecido do tipo “voil”, a fim de evitar a fuga das ninfas. Quarenta dias após a infestação, a porcentagem de sobrevivência de ninfas foi registrada nas plantas submetidas à fertilização (NPK) e plantas do grupo controle. Foram utilizados dois genótipos de cada forrageira, cedidos pelo programa de melhoramento de forrageiras da Embrapa Gado de Leite.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados e em esquema fatorial, envolvendo seis genótipos/cultivares de forrageiras [RUZ 1 e RUZ 2 (*B. ruziziensis*); BRS Capiacu e BRS Kurumi (*P. purpureum*); DIG 1 e DIG 2 (*Digitaria* sp.)] e plantas cultivadas em solos com fertilização recomendada (NPK) ou não (Controle), em um total de 12 blocos, totalizando 144 unidades amostrais.

2.3 Bioensaio 2. Efeitos da fertilização do solo e/ou ataque de ninfas de *M. spectabilis* nas características das plantas

Para cada espécie de forrageira foi escolhido um dos genótipos/cultivar utilizados no Bioensaio 1: RUZ 2 (*B. ruziziensis*), cultivar BRS Kurumi (*P. purpureum*) e DIG 1 (*Digitaria* sp.). Foram utilizadas forrageiras com 75 dias após a última poda de padronização. O ensaio foi conduzido em casa de vegetação em blocos casualizados em esquema fatorial envolvendo quatro densidades de insetos (0, 5, 10 e 15) e plantas cultivadas em solo com fertilização recomendada (NPK) ou não (Controle), em um total de oito blocos.

Antes de receberem as devidas densidades do inseto-praga, avaliou-se o teor de clorofila, altura das plantas e número de perfilhos/vaso. Em seguida, em cada vaso foi introduzido 0, 5, 10 ou 15 ninfas de 4° ou 5° ínstaes de *M. spectabilis*. Cada vaso continha uma planta de uma das forrageiras cultivadas em solo submetido à dose de fertilização recomendada, com as raízes expostas para facilitar a alimentação das ninfas. Os vasos foram fechados com tecido do tipo “voil” para evitar que as ninfas escapassem. As plantas foram avaliadas em dias alternados durante 10 dias. Ninfas mortas e adultos emergidos foram retirados e ao mesmo tempo foram reinfestados com ninfas a fim de se manter a mesma densidade de insetos de cada tratamento. Depois desse período, as ninfas foram retiradas e os seguintes parâmetros foram avaliados: índice relativo de clorofila, nota de dano, porcentagem de matéria seca, análise químico-bromatológica e capacidade de rebrota.

Para avaliação do índice relativo de clorofila (parâmetro fisiológico) foi utilizado o medidor portátil de clorofila Minolta SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development). Em cada planta foi realizada a leitura em três folhas, sendo utilizada a média das três. A nota de dano de cada planta foi avaliada visualmente a partir da média da nota dada por três diferentes avaliadores. A média foi convertida a uma escala de dano de 1 a 5, como proposto por Cardona et al. (1999): 1= sem danos visíveis; 2= até 25% da área foliar afetada; 3= de 25 a 50% da área foliar afetada; 4= de 51 a 75% da área foliar afetada e 5 \geq 76% da área foliar afetada.

Em seguida, metade do número de plantas de cada tratamento foi utilizada para avaliação da matéria seca, análises químico-bromatológicas e capacidade de rebrota. As plantas selecionadas foram cortadas 5 cm acima do solo para a obtenção do peso fresco, e depois secas em estufa a 55°C por 72 h para determinação da matéria seca. Esse material foi moído para análises químico-bromatológicas: digestibilidade da matéria seca *in vitro* (DIVMS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina e proteína bruta (PB), usando nIR (near infrared reflectance). Para avaliar a capacidade de rebrota, os vasos contendo as plantas selecionadas que foram cortadas, foram mantidos em casa de vegetação, e após 30 dias foi feita a contagem do número de perfilhos.

2.4 Bioensaio 3. Efeitos da fertilização do solo e/ou ataque de adultos de *M. spectabilis* nas características das plantas

Semelhante ao bioensaio 2, para cada espécie de forrageira foi escolhido um dos genótipos/cultivar utilizados no Bioensaio 1: RUZ 2 (*B. ruziziensis*), cultivar BRS Kurumi (*P. purpureum*) e DIG 1 (*Digitaria* sp.). Foram utilizadas forrageiras com 50 dias após a última poda. O ensaio foi conduzido em casa de vegetação em blocos casualizados em esquema fatorial, envolvendo duas densidades de insetos adultos (0 e 10) e plantas cultivadas em solo com fertilização recomendada (NPK) ou não (Controle), em um total de oito blocos.

Cada vaso contendo uma planta foi colocado dentro de uma gaiola de monofilamento em polietileno e polipropileno (75 x 36 cm) e dentro de cada gaiola foram liberados nenhum ou 10 adultos de *M. spectabilis*. Diariamente, adultos mortos eram retirados e a mesma quantidade era reinfestada a fim de manter a densidade inicial. Após cinco dias, os adultos foram removidos e os seguintes parâmetros foram avaliados: índice relativo de clorofila, nota de dano e porcentagem de matéria seca. Também foram realizadas análises químico-bromatológicas e a capacidade de rebrota aos 30 dias após o corte. Para todos os parâmetros avaliados seguiu-se a metodologia citada anteriormente.

2.5 Análises estatísticas

Os dados referentes à sobrevivência ninfal foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0.05$). O teste foi escolhido em função do elevado número de tratamentos fatoriais. Para testar os efeitos das doses de fertilização, densidade de insetos e sua interação nas características das plantas, two-way ANOVA foi conduzido e quando significativo ($p \leq 0.05$) as médias foram comparadas usando o teste de Tukey. Dados provenientes do ataque de ninfas de *M. spectabilis*, quando significativos, foram submetidos à análise de regressão em função das densidades de infestação.

3 RESULTADOS

3.1 Efeitos da fertilização do solo na sobrevivência ninfal de *M. spectabilis*

Foi verificada interação significativa entre os genótipos das forrageiras e a fertilização do solo ($p=0.026$; $F=2.65$) na sobrevivência ninfal de *M. spectabilis*. Na fertilização recomendada (NPK), o genótipo RUZ 2 e cultivar BRS Capiáçu, assim como os genótipos DIG 1 e DIG 2 de *Digitaria* sp. foram os que promoveram as menores porcentagens de sobrevivência do inseto-praga (Tabela 1). No tratamento controle, as menores sobrevivências de *M. spectabilis* foram verificadas quando alimentadas nos genótipos RUZ 2, DIG 1 e DIG 2, seguida pelas cultivares BRS Capiáçu e BRS Kurumi, que apresentaram porcentagens de sobrevivência intermediárias. Entre as plantas cultivadas em solo com fertilização e o controle, verificou-se que somente para RUZ 1 houve diferença significativa, em que plantas cultivadas em solo com fertilização promoveram menor porcentagem de sobrevivência do inseto.

3.2 Efeitos da fertilização do solo e/ou ataque de ninfas de *M. spectabilis* nas características das plantas

A fertilização aumentou significativamente o índice relativo de clorofila, altura e número de perfilhos de todas as forrageiras não injuriadas pelo inseto-praga (Tabela 2), exceto para BRS Kurumi, na qual a fertilização reduziu o número de perfilhos.

Quando as plantas foram submetidas ao ataque das ninfas, o teor de clorofila ($p=0.105$; $F=2.15$ para RUZ 2; $p=0.173$; $F=1.73$ para BRS Kurumi; $p=0.716$; $F=0.45$ para DIG 1), a nota de dano ($p=0.360$; $F=1.09$ para RUZ 2; $p=0.145$; $F=1.88$ para BRS Kurumi; $p=0.099$; $F=2.21$ para DIG 1) e a porcentagem de matéria seca ($p=0.697$; $F=0.48$ para RUZ 2;

$p=0.054$; $F=3.19$ para BRS Kurumi; $p=0.661$; $F=0.54$ para DIG 1) não apresentaram interação significativa entre as densidades de insetos e as doses de fertilização. Para a capacidade de rebrota, DIG 1 ($p=0.934$; $F=0.14$) também não apresentou interação significativa.

Avaliando isoladamente os fatores, em plantas de RUZ 2 após a introdução das ninfas, o teor de clorofila e a capacidade de rebrota foram significativamente superiores quando fertilizadas (Tabela 2). Para a cultivar BRS Kurumi, a fertilização proporcionou redução na porcentagem de matéria seca e um aumento na capacidade de rebrota. Em DIG 1, a fertilização aumentou significativamente o teor de clorofila e a capacidade de rebrota e diminuiu a nota de dano (Tabela 2).

Em relação às densidades de ninfas, nas três forrageiras constatou-se que o aumento da infestação de *M. spectabilis* promoveu diminuição do índice de clorofila (Fig.1A) e aumento da nota de dano, seguindo um modelo linear (Fig. 1B). Na avaliação da matéria seca, foi observado aumento linear com o aumento da densidade de ninfas na cultivar BRS Kurumi, e uma curva quadrática foi obtida para DIG 1 (Fig. 1C). Para RUZ 2, não houve diferença significativa ($p=0.526$; $F=0.77$). Também foi observado que os dados de capacidade de rebrota se ajustaram à equação linear decrescente para RUZ 2 e DIG 1; e linear crescente para a cultivar BRS Kurumi (Fig. 1D).

3.3 Efeitos da fertilização do solo e/ou ataque de adultos de *M. spectabilis* nas características das plantas

Não foi constatada interação significativa no uso da fertilização e ataque dos insetos adultos suficiente para modificar o teor de clorofila ($p=0.489$; $F=0.50$ para RUZ 2; $p=0.295$; $F=1.15$ para BRS Kurumi; $p=0.666$; $F=0.19$ para DIG 1), a nota de dano ($p=0.368$; $F=0.846$ para RUZ 2; $p=0.784$; $F=0.08$ para DIG 1), a porcentagem de matéria seca ($p=0.819$; $F=0.05$ para RUZ 2; $p=0.559$; $F=0.36$ para BRS Kurumi; $p=0.243$; $F=1.46$ para DIG 1) e capacidade de rebrota ($p=0.204$; $F=1.74$ para RUZ 2; $p=0.55945$; $F=0.38$ para BRS Kurumi).

Quanto ao efeito isolado da fertilização, constatou-se que o índice de clorofila foi maior em RUZ 2 e DIG 1 quando submetidos à fertilização (NPK); no entanto, a fertilização não alterou o teor de clorofila em BRS Kurumi (Tabela 3). Os valores da nota de dano não diferiram significativamente em nenhuma das forrageiras mantidas em solos fertilizados comparado com aqueles sem fertilização. A porcentagem de matéria seca somente apresentou diminuição significativa na cv. BRS Kurumi, quando as plantas foram cultivadas em solo com fertilização. Ademais, foi verificado que nos genótipos RUZ 2 e DIG 1 houve aumento

significativo na capacidade de rebrota quando as plantas foram cultivadas em solo com fertilização.

Em relação ao ataque de adultos, foram observadas reduções significativas para todas forrageiras no índice de relativo de clorofila e aumento significativo na nota de dano (Tabela 3). Para a matéria seca, somente em DIG 1 foi observado aumento significativo na presença dos adultos. Também foi verificado que nos genótipos RUZ 2 e DIG 1 houve diminuição significativa na capacidade de rebrota quando as plantas foram submetidas ao ataque de insetos adultos.

3.4 Efeitos da fertilização do solo e densidade de ninfas e adultos de *M. spectabilis* na qualidade das forrageiras

Não foi possível obter dados do efeito da fertilização e densidade de ninfas e adultos de *M. spectabilis* na qualidade de plantas de DIG 1. Este material não apresentou quantidades de amostras suficientes para a realização de leituras no aparelho utilizado nIR (near infrared reflectance).

Não foi constatada interação significativa no uso da fertilização e ataque das ninfas suficientes para modificar o teor de FDN ($p=0.761$; $F=0.39$ para RUZ 2), o teor de FDA ($p=0.877$; $F=0.23$ para RUZ 2), DIVMS ($p=0.947$; $F=0.12$ para RUZ 2; $p=0.770$; $F=0.26$ para BRS Kurumi), teor de lignina ($p=0.704$; $F=0.47$ para RUZ 2) e proteína bruta ($p=0.368$; $F=1.11$ para RUZ 2; $p=0.148$; $F=2.14$ para BRS Kurumi). A interação do uso da fertilização com o ataque de adultos também não modificaram o teor de FDN ($p=0.597$; $F=0.29$ para RUZ; $p=0.597$; $F=0.29$ para BRS Kurumi), o teor de FDA ($p=0.415$; $F=0.69$ para RUZ 2), DIVMS ($p=0.252$; $F=1.40$ para RUZ 2; $p=0.056$; $F=4.43$ para BRS Kurumi), teor de lignina ($p=0.335$; $F=0.98$ para RUZ 2; $p=0.164$; $F=2.20$ para BRS Kurumi) e proteína bruta ($p=0.767$; $F=0.09$ para RUZ 2; $p=0.680$; $F=0.178$ para BRS Kurumi).

Avaliando o efeito isolado da fertilização, para o genótipo RUZ 2 a fertilização promoveu diminuição significativa no teor de lignina e proteína bruta quando submetidos ao ataque de ninfas (Tabela 4). Os teores de FDN, FDA e lignina foram significativamente menores, e DIVMS e proteína bruta foram maiores quando plantas do genótipo RUZ 2 foram cultivados em solo com fertilização e submetidas ao ataque de adultos. Para a cv. BRS Kurumi, os teores de DIVMS e lignina foram significativamente maiores e o teor de FDA menor na presença da fertilização quando submetidos ao ataque de ninfas. Quando submetidos ao ataque de adultos, os teores de FDA e DIVMS foram significativamente

reduzidos e houve aumento do teor de lignina quando estas foram cultivadas em solo com fertilização.

Quando as plantas de RUZ 2 e BRS Kurumi foram submetidas à infestação com as densidades de ninfas, foi possível observar incremento linear nos teores de FDN (Fig. 2A), FDA (Fig. 2B) e lignina (Fig. 2D) com o aumento das densidades. Na Figura 2C, observa-se decréscimo linear da DIVMS em RUZ 2 em função do aumento das densidades de ninfas. Os valores de DIVMS para BRS Kurumi (Médias(\bar{x}) \pm EP: 60.86 \pm 1.11%) e de proteína bruta para as duas forrageiras não ajustaram à nenhuma equação de regressão (\bar{x} =5.09 \pm 0.35% para RUZ 2; \bar{x} =7.40 \pm 0.32% para BRS Kurumi).

O conteúdo de FDN (\bar{x} =70.37 \pm 0.54%; p =0.984; F =0.00), FDA (\bar{x} =37.20 \pm 0.53%; p =0.401; F =0.74), DIVMS (\bar{x} =54.04 \pm 1.00; p =0.231; F =1.54), lignina (\bar{x} =3.80 \pm 0.18%; p =0.508; F =0.46) e proteína bruta (\bar{x} =5.85 \pm 0.25%; p =0.383; F =0.80) em RUZ 2; e FDN (\bar{x} =67.12 \pm 0.71%; p =0.600; F =0.29), FDA (\bar{x} =40.64 \pm 0.96%; p =0.693; F =0.16), DIVMS (\bar{x} =59.10 \pm 0.78; p =0.608; F =0.28), lignina (\bar{x} =5.50 \pm 1.40%; p =0.606; F =0.28), PB (\bar{x} =6.13 \pm 0.34%; p =0.183; F =1.99) para BRS Kurumi; não foram alteradas significativamente quando comparou-se as plantas atacadas por 10 adultos daquelas não atacadas.

4 DISCUSSÃO

Independentemente da fertilização, os resultados da sobrevivência ninfal demonstram que os genótipos e cultivares de forrageiras diferem quanto à resistência a *M. spectabilis*. Estas diferenças das forrageiras quanto à resistência a *M. spectabilis* são consistentes com observações anteriores (Alvarenga et al., 2017; Auad et al., 2007; Silva et al., 2017). A análise do grupo controle, ou seja, das plantas sem fertilizantes, indica que se um produtor decidir pela opção de não usar fertilizantes, que é uma realidade das pastagens no Brasil (Barcelos et al., 2011), plantas do genótipo RUZ 1 não devem ser indicadas, pois este genótipo causou a maior sobrevivência ninfal de *M. spectabilis* comparado com as outras plantas forrageiras utilizadas. Como a sobrevivência ninfal de cigarrinhas-das-pastagens está relacionada ao nível de resistência das forrageiras, há também evidência de que os genótipos RUZ 2, DIG 1 e DIG 2 são possivelmente resistentes a *M. spectabilis* pelo mecanismo de antibiose, dado que a primeira manifestação desse mecanismo é a diminuição da sobrevivência ninfal (Cardona et al., 2004). De acordo com a literatura, a espécie *B. ruziziensis* é tida como suscetível às cigarrinhas-das-pastagens (Aguirre et al., 2013, Pabon et al., 2007). Porém, neste trabalho, o genótipo RUZ 2 proporcionou um dos menores valores de sobrevivência, evidenciando a

existência da variabilidade genética desta espécie, como citado por Souza Sobrinho et al. (2010). A superioridade deste genótipo quanto à resistência à cigarrinha-das-pastagens é resultado de anos de pesquisas no programa de melhoramento com esse material. Já os resultados para os genótipos de *Digitaria* sp. caracterizam estas plantas como menos adequadas ao desenvolvimento dessa espécie de cigarrinhas-das-pastagens, porém, mais estudos são necessários, já que são poucos os trabalhos existentes com esta espécie de forrageira.

Como os fertilizantes afetam as populações de insetos ainda é uma área de intenso debate. Os resultados da influência da fertilização no desempenho dos insetos são frequentemente contraditórios; podendo promover efeito positivo na população dos insetos (Chen et al., 2004; Cocco et al., 2015; Facknath; Lalljee, 2005), nenhum efeito (Haile; Hofsvang, 2010; Mao et al., 2000) ou até mesmo efeito negativo (Pitan et al., 2000). O presente estudo corrobora as pesquisas supracitadas, visto que *M. spectabilis* respondeu à presença da fertilização de modo diferente em função dos genótipos/cultivares ofertados. A falta de um padrão geral ligando respostas dos insetos à fertilização das plantas hospedeiras, mesmo quando se trata do mesmo inseto e de plantas da mesma família, sugere que não existe uma simples relação entre fertilização das plantas e desempenho dos insetos.

Quando as ninfas da cigarrinha foram mantidas no genótipo RUZ 1 de braquiária, a dose de fertilização diminuiu os valores de porcentagem de sobrevivência comparada ao controle. Nos demais genótipos/cultivares, a sobrevivência de *M. spectabilis* não foi alterada. Isto indica que o uso da fertilização pelo produtor não irá alterar a sobrevivência e ocorrência de *M. spectabilis* nas forrageiras avaliadas, exceto para o genótipo RUZ 1, onde poderá haver uma diminuição, o que caracteriza uma vantagem para o produtor.

Os genótipos escolhidos de cada forrageira foram testados em relação à capacidade de tolerar ao ataque de ninfas e adultos de *M. spectabilis*, na presença ou não de fertilização. Nessas forrageiras, em uma primeira avaliação sem o ataque de insetos, a fertilização alterou positivamente o índice de clorofila, a altura e o número de perfilhos; com exceção do número de perfilhos em BRS Kurumi. Existe uma correlação positiva entre a leitura do medidor de clorofila utilizado (SPAD) e a concentração de nitrogênio nas folhas das gramíneas forrageiras (Cabral et al., 2013; Lima et al., 2016; Megda; Monteiro, 2015), o que sugere que a maior disponibilização de nitrogênio no solo, por meio da fertilização, aumentou o conteúdo de nitrogênio solúvel na composição das plantas forrageiras (Li et al., 2010), o qual favoreceu a síntese de molécula de clorofila (Lopes et al., 2017). Além disso, o aumento do conteúdo relativo de clorofila em gramíneas é positivamente correlacionado com a produção de matéria

seca (Lima et al., 2016; Megda; Monteiro, 2015, Pariz et al., 2011) e altura das plantas (Souza et al., 2016), o que confirma a grande importância da fertilização nas características de produção dessas plantas.

Resultados favoráveis da fertilização em espécies dos gêneros estudados também foram obtidos por outros autores (Andrade et al., 2009; Megda; Monteiro, 2015; Souza et al., 2016). Esse fato está relacionado ao aumento do nitrogênio, que é um elemento fundamental na modulação das respostas às adubações (Martins; Fonseca, 1994) e age aumentando as taxas de reações enzimáticas no metabolismo da planta (Vitor et al., 2009), e conseqüentemente, plantas forrageiras respondem à fertilização nitrogenada com altas taxas de crescimento; ao fósforo, que tem grande importância na formação do sistema radicular de gramíneas e no perfilhamento (Cecato et al., 2000); e ao potássio, onde Chaboussou (1999) cita ser um elemento essencial ao desenvolvimento e metabolismo das plantas, uma vez que tem participação ativa em processos bioquímicos, ativação enzimática e síntese de proteínas.

Mesmo com a introdução das densidades de ninfas e adultos de *M. spectabilis*, as forrageiras fertilizadas mantiveram um incremento no conteúdo de clorofila e na capacidade de rebrota, denotando que os fatores agiram isoladamente. A diminuição da nota de dano observada em plantas fertilizadas de DIG 1 no ensaio com ninfas provavelmente foi devido à habilidade das plantas fertilizadas em compensar o dano (Meyer, 2000). O aumento da capacidade de rebrota também foi em consequência da disponibilidade de minerais no solo, principalmente nitrogênio (Lopes et al., 2017). Quando há disponibilidade de nitrogênio logo após o corte das plantas, ocorre uma rápida expansão das folhas, repondo rapidamente os tecidos fotossintéticos, e promovendo a recuperação da planta forrageira e, conseqüentemente, o vigor de rebrota (Cecato et al., 2000). De acordo com Prado (2008), a deficiência de nitrogênio pode limitar o crescimento de folhas individuais e restringir a capacidade de rebrota das forrageiras. Esta capacidade é um determinante morfofisiológico da produtividade de plantas forrageiras e é consenso na literatura que o manejo da pastagem deve ser realizado tendo como um dos objetivos principais a obtenção de rebrota vigorosa após a utilização do pasto (Pedreira et al., 2001).

Com referência à influência das densidades de ninfas e adultos nas características das plantas, foi possível constatar que o aumento da infestação proporcionou reduções significativas no índice de clorofila independentemente da fertilização. A diminuição do índice de clorofila é citada como a mais importante indicação de danos de adultos de cigarrinhas (Lófez et al., 2009) e muitos autores têm observado esta reduções em diferentes forrageiras devido ao ataque de *M. spectabilis* e de outras cigarrinhas-das-pastagens (Aguirre

et al., 2013; Lófez et al., 2009; Resende et al., 2013; Resende et al., 2014). Segundo Byers & Wells (1966), a saliva tóxica injetada pelos adultos durante a alimentação interfere na atividade fotossintética da planta. Porém, os dados do presente trabalho indicam que a alimentação das ninfas nas raízes também pode causar reduções no índice de clorofila. Quando as ninfas inserem seus estiletes nos vasos do xilema e sugam a seiva das raízes, os vasos condutores são destruídos, o que dificulta o transporte de água e nutrientes, debilitando a planta e causando o sintoma conhecido por desordem fisiológica (Byers; Wells, 1966). Possivelmente essa desordem influencia o teor de clorofila.

Uma característica que é sempre relacionada com a infestação de cigarrinhas é a nota de dano, proposta por Cardona et al. (1999). Todas as forrageiras que foram infestadas com algumas das densidades de ninfas ou adultos apresentaram diferentes intensidades dos típicos danos de alimentação das cigarrinhas, mesmo quando as plantas foram fertilizadas. Esses incluem amarelecimento, listras cloróticas e até morte das plantas (Lófez et al., 2009). De acordo com Resende et al. (2014), há uma tendência do aumento de dano com o aumento da densidade de adultos de cigarrinhas. Apesar dos danos causados pela alimentação de ninfas de cigarrinhas serem menos importantes e menos severos que os danos ocasionados pelos adultos (Valério, 2009), os dados deste estudo demonstram que *M. spectabilis* pode ser prejudicial desde a fase ninfal, causando danos relevantes e promovendo restrições ao desenvolvimento das forrageiras.

O que também se apresentou como efeito negativo devido à infestação de *M. spectabilis* foi uma redução da capacidade de rebrota em RUZ 2 e DIG 1, e aumento na porcentagem de matéria seca observados em BRS Kurumi e DIG 1. A ocorrência de cigarrinhas é associada com a redução na capacidade de rebrota das forrageiras (Valério; Nakano, 1988) e esta redução pode ocorrer devido à grande quantidade de seiva sugada pelas ninfas, enfraquecendo a planta e sua reserva e comprometendo a capacidade de rebrota (Aguiar et al., 2014). Frequentes ataques também podem reduzir o volume do sistema radicular e diminuir a persistência da forrageira (Valério, 2006). Os danos provocados pela alimentação das cigarrinhas também resulta em seca precoce das plantas, reduzindo o peso fresco e, conseqüentemente, aumentando a porcentagem de matéria seca (Resende et al., 2012). Para RUZ 2 que não apresentou aumento da porcentagem em nenhum dos bioensaios, diferentes dos resultados encontrados por Resende et al. (2012) e Resende et al. (2013), provavelmente a intensidade e o período de infestação não foram suficientes para causar aumento nesta característica. Porém, como o índice de clorofila e a nota de dano foram

afetados, isto pode indicar que sob maiores infestações e/ou um longo período de ataque, essa forrageira pode apresentar aumentos consideráveis na porcentagem de matéria seca.

Apesar de muitos outros fatores direcionarem a produtividade das forrageiras, estes resultados demonstram o papel da prática da fertilização no aumento da clorofila e capacidade de rebrota mesmo quando submetidas ao ataque de *M. spectabilis*. Como visto, densidade de ninfas e adultos são capazes de alterar características importantes de produção, logo, um aumento nestas características em resposta à fertilização é relevante. Contudo, também pode-se observar que a fertilização não foi capaz de suprir todos os danos causados pela cigarrinhadas-pastagens e mesmo sob fertilização houve diminuição significativa das características de produção avaliadas.

A composição químico-bromatológica das plantas forrageiras assume papel de grande importância na análise qualitativa da forragem, uma vez que estas variáveis podem ter influência direta ou indireta no consumo voluntário de matéria seca e, conseqüentemente, na produção animal (Van Soest, 1994). A FDA consiste principalmente de lignina e de celulose e tem correlação com digestibilidade, ou seja, quanto maior o teor de FDA da forrageira, menor será a digestibilidade, enquanto que a FDN tem correlação com consumo: quanto maior o teor de FDN da forrageira, menor será o consumo (Lana, 2005). Desse modo, as reduções de FDA observadas e a redução de FDN observada em RUZ 2 quando as plantas foram fertilizadas, caracteriza um benefício da fertilização. No entanto, essas mudanças dos conteúdos de FDA e FDN permitiram o acréscimo da DIVMS somente para RUZ 2 submetidos ao ataque de adultos e BRS Kurumi submetido ao ataque de ninfas. Segundo Corsi (1984), a fertilização nitrogenada pode reduzir a porcentagem de FDN das plantas por estimular o crescimento de tecidos novos, que possuem menores teores de carboidratos estruturais na matéria seca. Paradoxalmente, o fornecimento de nitrogênio em doses elevadas, aliado a condições climáticas favoráveis, pode acelerar a maturidade e senescência da planta, limitando o efeito benéfico da fertilização nitrogenada sobre os valores de FDN, o que pode ter ocorrido quando não foi observada influência da fertilização nitrogenada no teor de FDN. Como FDA e FDN consistem de lignina e celulose, reduções do teor de lignina das plantas podem conseqüentemente reduzir suas porcentagens de FDA e FDN (Van Soest, 1994). Porém, no presente trabalho, essa relação só foi observada em RUZ 2 no ensaio com adultos, onde as plantas desse genótipo apresentaram diminuição no conteúdo de lignina e em FDA e FDN quando fertilizadas.

Segundo Van Soest (1994), valores menores que 7% de PB são considerados limitantes para a produção animal, pela falta de nitrogênio aos microrganismos do rúmen.

Devido à fertilização, foi observado aumento da PB em RUZ 2. Isso se deve provavelmente ao maior aporte de nitrogênio no solo. Como citado anteriormente, uma maior disponibilização de nitrogênio no solo reflete em maiores conteúdos de clorofila nas plantas. Moléculas de clorofila são produzidas pelos cloroplastos, os quais possuem RNA, DNA e ribossomos, sendo capazes de sintetizar e multiplicar proteínas (Maranhão et al., 2009). A elevação dos teores de PB em plantas do gênero *Brachiaria* com fertilização também foram constatado por outros autores (Cecato et al., 2004, Costa et al., 2009). Um aspecto importante observado no presente trabalho foi que a fertilização em RUZ 2 submetido aos adultos elevou os teores de PB para valores considerados adequados na alimentação de bovinos, já quando as plantas foram submetidas às ninfas isto não foi observado.

Com o aumento da infestação de ninfas foi possível observar incrementos nos teores de FDN, FDS e lignina e um decréscimo da DIVMS. Como citado anteriormente os teores de lignina estão relacionados com os teores de fibras nas forrageiras, e um incremento nos teores de fibras diminui a digestibilidade da matéria seca pelos animais e, por conseguinte, há menor ganho animal. Efeitos deletérios na qualidade da forrageira devido ao ataque de cigarrinhas também foram observados por outros autores. Aguiar et al. (2014), avaliando o efeito de *M. spectabilis* em *B. ruziziensis*, observaram um acréscimo nos teores de FDN e lignina quando as plantas fertilizadas foram infestadas com 30 ninfas. Valério e Nakano (1988) constataram que o aumento nos níveis populacionais de adultos de *Zulia entreciana* (Berg, 1879) (Hemiptera: Cercopidae) aumentaram os teores de fibras em *Brachiaria decumbens*. Os autores afirmam que esse incremento é uma clara indicação da remoção dos conteúdos celulares pelos adultos das cigarrinhas.

Esses resultados demonstram que a infestação de ninfas de *M. spectabilis* diminui a qualidade das forrageiras, independentemente da fertilização. No entanto, a diminuição da FDA e o aumento da proteína bruta observados em forrageiras fertilizadas pode minimizar os efeitos do ataque das ninfas na qualidade bromatológica das plantas.

5 CONCLUSÃO

Baseado nas evidências demonstradas neste estudo pode-se inferir que tanto o ataque de ninfas quanto o de adultos são capazes de diminuir o teor de clorofila, a capacidade de rebrota das plantas e a qualidade das forrageiras, e aumentar a nota de dano independente da fertilização do solo. Porém, também foi observado que a disponibilidade de nutrientes no solo não somente diminui o teor de fibras, como aumenta o teor de proteína bruta, o teor de

clorofila e a capacidade de rebrota das plantas mesmo quando infestadas, indicando que a fertilização do solo aumenta a habilidade das plantas forrageiras em minimizar os efeitos dos danos de infestação de *M. spectabilis*, mas não é capaz de suprir os mesmos. Essas características juntamente com os resultados demonstrados pelo teste de sobrevivência, na qual essa não foi alterada pela fertilização do solo, apoia a hipótese de que forrageiras em solos fertilizados são tolerantes ao ataque de ninfas e adultos de *M. spectabilis*.

Agradecimentos: Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - Fapemig e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão de bolsas e apoio financeiro ao projeto.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, D. M., Auad, A. M., Fonseca, M. G., Leite, M. V., 2014. *Brachiaria ruzizensis* responses to different fertilization doses and to the attack of *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae) nymphs and adults. *Sci. World. J.* 2014.
- Aguirre, L.M., Cardona, c., Miles, J.W., Sotelo, G., 2013. Characterization of resistance to adult spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) in *Brachiaria* spp. *J. Econ. Entomol.* 106, 1871-1877.
- Andrade, A.C., Rodrigues, B.H.N., Magalhães, J.A., Cecon, P.R., Mendes, F.M.A., 2009. Adubação nitrogenada e irrigação dos capins Tangola (*Brachiaria* spp.) e Digitaria (*Digitaria* sp): Massa de forragem e recuperação de nitrogênio. *Rev. Cient. Prod. Anim.* 11, p.1-14.
- Altieri, M.A., Nicholls, C.I., 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil. Till. Res.* 72, 203-211.
- Alvarenga, R., Auad, A.M., Moraes, J.C., Silva, S.E.B., Rodrigues, B.S., Silva, G.B., 2017. Spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) and their plant hosts: strategy for pasture diversification. *Appl. Entomol. Zool.* 52, 653-660.
- Auad, A. M., Simões, A. D., Pereira, A. V., Braga, A. L. F., Souza Sobrinho, F., Lédo, F. J. S., Paula-Moraes, S. V., Oliveira, S. A., Ferreira, R. B., 2007. Seleção de genótipos de capim-elefante quanto à resistência à cigarrinha-das-pastagens. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 42, 1077-1081.
- Barcelos, A.F., Lima, J.A., Pereira, J.P., Guimarães, P.T.G., Evangelista, A.R., Gonçalves, C.C.M., 2011. Adubação de capins do gênero *Brachiaria*. EPAMIG, Belo Horizonte.
- Butler, J., Garratt, M.P.D., Leather, S.R., 2012. Fertilisers and insect herbivores: a meta-analysis. *Ann. Appl. Biol.* 161, 223-233.
- Byers, R.A., Wells H.D., 1966. Phytotoxemia of coastal bermudagrass caused by the two-lined spittlebug, *Prosapia bicincta* (Homoptera, Cercopidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 59, 1067-1071.
- Cabral, C.E.A., Abreu, J.G., Bonfim-Silva, E.M., Cabral, C.H.A., Scaramuzza, J.F., Silva, T.J.A., 2013. Eficiência de produção e concentração de nitrogênio nos capins Marandu, Decumbens e Convert submetidos à adubação nitrogenada. *Biosci. J.* 29, 1653-1663.
- Cardona, C., Fory, P., Sotelo, G., Pabon, A., Diaz, G., Miles, J.W., 2004. Antibiosis and tolerance to five species of spittlebug (Homoptera: Cercopidae) in *Brachiaria* spp.: Implications for breeding for resistance. *J. Econ. Entomol.* 97, 635-645.
- Cardona, C., Miles, J.W., Sotelo, G., 1999. An improved methodology for massive screening of *Brachiaria* spp. genotypes for resistance to *Aeneolamia varia* (Homoptera: Cercopidae). *J. Econ. Entomol.* 92, 490-496.
- Cecato, U., Pereira, L.A.F., Jobim, C.C., Martins, E.N., Branco, A.F., Galbeiro, S., Machado, A.O., 2004. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a composição químico-

bromatológica do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* [Hochst] Stapf. cv. Marandu). Acta Sci. 26, 409-416.

Cecato, U., Yanaka, F.Y., Brito filho, M.R.T., Santos, G.T., Canto, M.W., Onorato, W.M., Peternelli, M., 2000. Influência da adubação nitrogenada e fosfatada na produção, na rebrota e no perfilhamento do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* [Hochst] Stapf. cv. Marandu). Acta Sci. 23, 817-822.

Chaboussou, F., 1999. Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose, segunda ed. L&PM, Porto Alegre.

Chen, Y., Lin, L., Wang, C., Yeh, C., Hwang, S., 2004. Response of two *Pieris* (Lepidoptera: Pieridae) species to fertilization of host plant. Zool. Stud. 43, 778-786.

Cocco, A., Marras, P.M., Muscas, E., Mura, A., Lentini, A., 2015. Variation of life-history parameters of *Planococcus ficus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in response to grapevine nitrogen fertilization. J. Appl. Entomol. 139, 519-528.

Corsi, M., 1984. Effects of nitrogen rates and harvesting intervals on dry matter production, tillering and quality of the tropical grass *Panicum maximum*, JACQ. 125f. Dissertation (Doctor in Philosophy) – The Ohio State University, Ohio.

Costa, K.A.P., Oliveira, I.P., Faquin, V., Silva, G.P., Severiano, E.C., 2009. Produção de massa seca e nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf sob doses de nitrogênio. Ciênc. Agrotec. 33, 1578-1585.

Facknath, S., Lalljee, B., 2005. Effect of soil-applied complex fertilizer on an insect-host plant relationship: *Liriomyza trifolii* on *Solanum tuberosum*. Entomol. Exp. Appl. 115, 67-77.

Haile, A., Hofsvang, T., 2010. Effect of sowing dates and fertilizer on the severity of stem borer (*Busseola fusca* Fuller, Lepidoptera: Cercopidae) on sorghum in Eritrea. Int. J. Pest Manag. 47, 259-264.

Hsu, Y., Shen, T., Hwang, S., 2009. Soil fertility management and pest responses: a comparison of organic and synthetic fertilization. J. Econ. Entomol. 102, 160-169.

Lana, R.P., 2005. Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades), primeira ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Li, W., Lu, J., Seneweera, S.P., Chen, F., Lu, J., Li, X., 2010. Effect of fertilization on forage yield and quality, nutrients uptake and soil properties in the more intensive cropping system. J. Food, Agric. Environ. 8, 427-434.

Lima, J.E.S., Nascente, A.S., Leandro, W.M., Silveira, P.M., 2016. *Urochloa ruziziensis* responses to sources and doses of urea. Rev. Bras. Eng. Agric. Ambient. 20, 401-407.

Lófez, F., Cardona, C., Miles, J.W., Sotelo, G., Montoya, J., 2009. Screening for resistance to adult spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) in *Brachiaria* spp.: Methods and categories of resistance. J. Econ. Entomol. 102, 1309-1316.

- Lopes, C.M., Paciullo, D.S.C., Araújo, S.A.C., Gomide, C.A.M., Morenz, M.J.F., Villela, S.D.J., 2017. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 69, 225-233.
- Mao, L., Story, R.N., Hammond, A.M., Peterson, J.K., Labonte, D.R., 2000. Effect of nitrogen on resistance of sweet potato weevil (Coleoptera: Curculionidae) and on storage root chemistry. *J. Econ. Entomol.* 94, 1285-1291.
- Maranhão, C.M.A., Silva, C.C.F., Bonomo, P., Pires, A.J.V., 2009. Produção e composição bromatológica de duas cultivares de braquiária adubadas com nitrogênio e sua relação com o índice SPAD. *Acta Sci. Anim. Sci.* 31, 117-122.
- Martins, C.E.; Fonseca, D.M., 1994. Manejo de solo e adubação de pastagem de capim-elefante. In: Simpósio sobre capim elefante, Juiz de Fora. Anais. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, p.82-115.
- Maschinski, J.; Whitham, T.G., 1989. The continuum of plant responses to herbivory: the influence of plant association, nutrient availability, and timing. *Am. Nat.* 134, 1-19.
- Mattson, W.J., 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 11, 119-161.
- Megda, M.M.; Monteiro, F.A., 2015. Marandu palisadegrass mineral nutrition and production related to nitrogen and potassium supply. *J. Plat. Nutr.* 38, 277-294.
- Meyer, G.A., 2000. Interactive effects of soil fertility and herbivory on *Brassica nigra*. *Oikos.* 88, 433-441.
- Pabón, A., Cardona, C., Miles, J.W., Sotelo, G., 2007. Response of resistant and susceptible *Brachiaria* spp. genotypes to simultaneous infestation with multiple species of spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae). *J. Econ. Entomol.* 100, 1896-1903.
- Pariz, C.M., Andreotti, M., Bergamaschine, A.F., Buzetti, S., Costa, N.R., Cavallini, M.C., Ulian, N.A., Luiggi, F.G., 2011. Yield, chemical composition and chlorophyll relative content of Tanzania and Mombaça grasses irrigated and fertilized with nitrogen after corn intercropping. *Rev. Bras. Zootec.* 40, 728-738.
- Pedreira, C.G.S., Mello, A.D., Otani, L., 2001. O processo de produção de forragem em pastagens. *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia.* 38, 772-807.
- Pitan, O.O., Odebiyi, J.A., Adeoye, G. O., 2000. Effects of phosphate fertilizer levels on cowpea pod-sucking bug populations and damage. *Int. J. Pest. Manag.* 46, 205-209.
- Prado, R. M., 2008. Manual de nutrição de plantas forrageiras, primeira ed. FUNEP, Jaboticabal.
- Resende, T. T., Auad, A.M., Fonseca, M.G., 2014. How many adults of *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae) should be used for screening *Brachiaria ruziziensis* (Poales: Poaceae) resistance? *J. Econ. Entomol.* 107, 396-402.

- Resende, T. T., Auad, A.M., Fonseca, M.G., Santos, T.H., Vieira, T.M., 2012. Impact of the spittlebug *Mahanarva spectabilis* on signal grass. *Sci. World. J.* 2012.
- Resende, T. T., Auad, A.M., Fonseca, M.G., Souza Sobrinho, F., Santos, D.R., Silva, S.E.B., 2013. The damage capacity of *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) (Hemiptera: Cercopidae) adults on *Brachiaria ruziziensis* pasture. *Sci. World. J.* 2013.
- Rezende A.V., Rabêlo, F.H.S., Rabelo, C.H.S., Lima, P.P., Barbosa, L.A., Abud, M.C., Souza, F.R.C., 2015. Características estruturais, produtivas e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Jiggs fertilizados com alguns macronutrientes. *Semin., Ciênc. Agrár.* 36, 1507-1518.
- Ribeiro, A.C., Guimarães, P.T.G., Alvarez, V.H., 1999. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5^a Aproximação, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, Viçosa, Brazil.
- Silva, S.E.B., Auad, A.M., Moraes, J.C., Alvarenga R., Claudino, S.S., Resende, T.T., 2017. Biological performance and preference of *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae) for feeding on different forage plants. *J. Econ. Entomol.* 110, 1877-1885.
- Souza Sobrinho, F., Auad, A.M., Lédo, F.J.S., 2010. Genetic variability in *Brachiaria ruziziensis* for resistance to spittlebugs. *Crop. Breed. Appl. Biotechnol.* 10, 83-88.
- Souza, A.S., Ribeiro, K.G., Rocha, W.W., Araújo, S.A.C., Pereira, O.G., Cecon, P.R., 2016. Forage mass, chemical composition and leaf chlorophyll index of signal grass and organic matter in soil under increasing levels of nitrogen. *Semin., Ciênc. Agrár.* 37, 1505-1514.
- United States Department of Agriculture – USDA. Foreign Agricultural Service. <http://apps.fas.usda.gov/psdonline> (accessed 5 June 2017).
- Valério, J.R., 2006. Considerações sobre a morte de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em alguns estados do Centro e Norte do Brasil: enfoque entomológico. In: *Comunicado Técnico*, v. 98.
- Valério, J.R., 2009. Cigarrinha das pastagens. Campo Grande, MS: EMBRAPA Gado de Corte, (Documentos, 179).
- Valério, J.R., Cardona, C., Peck, D.C., Sotelo, G., 2001. Spittlebugs: Bioecology, host plant resistance and advances in IPM. *Proceedings 19th International Grassl. Congress*, 11–21 February, p.217-221. São Pedro São Paulo, Brazil.
- Valério J.R.; Nakano O., 1988. Locais de alimentação e distribuição vertical de adultos da cigarrinha *Zulia entreriana* (Berg, 1879) (Homoptera: Cercopidae) em plantas de *Brachiaria decumbens* Stapf. *Ann. Soc. Entomol. Bras.* 17, 519-529.
- Van Soest. P.J., 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nded. Ithaca: Cornell University.
- Vitor, C. M. T., Fonseca, D. M., Cosér, A. C., Martins, C. E., Nascimento Júnior, D., Ribeiro Júnior, J. I. 2009. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. *Rev. Bras. Zootec.* 38, 435-442.

Tabela 1. Média (\pm EP) da sobrevivência ninfal (%) de *Mahanarva spectabilis* mantidas em forrageiras adubadas (NPK) e grupo controle.

Forrageira	Genótipo/Cultivar	NPK	Controle
<i>B. ruziziensis</i>	RUZ 1	45.84 \pm 7.80 aB	66.25 \pm 6.63 aA
	RUZ 2	24.17 \pm 6.90 bA	12.50 \pm 4.20 cA
<i>P. purpureum</i>	BRS Capiaçú	34.17 \pm 7.12 bA	43.33 \pm 8.84 bA
	BRS Kurumi	55.42 \pm 7.67 aA	45.83 \pm 7.88 bA
<i>Digitaria</i> sp.	DIG 1	35.83 \pm 7.09 bA	19.58 \pm 3.51 cA
	DIG 2	38.33 \pm 5.65 bA	22.92 \pm 7.84 cA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0.05$).

Tabela 2. Média (\pm EP) de clorofila (SPAD), altura (cm) e número de perfilhos das plantas adubadas (NPK) e não adubadas (Controle) antes de serem submetidas às densidades de ninfas e média (\pm EP) de clorofila (SPAD), nota de dano, matéria seca (%) das forrageiras adubadas (NPK) e não adubadas (Controle) quando submetidas ao ataque de ninfas

Forrageiras			
	RUZ 2 (<i>B. ruziziensis</i>)	BRS Kurumi (<i>P. purpureum</i>)	DIG 1 (<i>Digitaria</i> sp.)
ANTES DE SEREM SUBMETIDAS ÀS NINFAS E ADULTOS			
Clorofila (SPAD)			
NPK	27.76 \pm 0.65 a	28.03 \pm 0.66 a	31.87 \pm 0.62 a
Controle	20.09 \pm 0.56 b	23.41 \pm 0.67 b	26.89 \pm 0.99 b
<i>p</i>	<0.001	<0.001	<0.001
<i>F</i>	88.20	25.11	18.69
Altura (cm)			
NPK	86.34 \pm 1.70 a	75.59 \pm 1.91 a	68.47 \pm 1.79 a
Controle	69.53 \pm 1.57 b	42.16 \pm 2.02 b	54.34 \pm 2.34 b
<i>p</i>	<0.001	<0.001	<0.001
<i>F</i>	54.61	175.20	25.71
Número de perfilhos			
NPK	7.53 \pm 0.34 a	2.34 \pm 0.13 b	2.81 \pm 0.20 a
Controle	4.78 \pm 0.25 b	3.09 \pm 0.11 a	1.50 \pm 0.13 b
<i>p</i>	<0.001	<0.001	<0.001
<i>F</i>	44.74	20.84	31.96
SUBMETIDOS ÀS NINFAS			
Clorofila (SPAD)			
NPK	19.77 \pm 0.55 a	21.51 \pm 0.70 a	28.28 \pm 1.65 a
Controle	15.91 \pm 0.68 b	21.99 \pm 0.77 a	20.39 \pm 2.15 b
<i>p</i>	<0.001	0.620	0.001
<i>F</i>	25.25	0.25	12.28
Nota de dano			
NPK	1.90 \pm 0.09 a	2.07 \pm 0.09 a	2.66 \pm 0.17 b
Controle	2.12 \pm 0.11 a	2.04 \pm 0.13 a	3.64 \pm 0.21 a
<i>p</i>	0.065	0.779	<0.001
<i>F</i>	3.56	0.08	33.04
Matéria seca (%)			
NPK	28.07 \pm 1.84 a	16.61 \pm 0.44 b	33.13 \pm 1.99 a
Controle	24.13 \pm 0.77 a	20.51 \pm 1.67 a	34.32 \pm 5.10 a
<i>p</i>	0.083	0.018	0.799
<i>F</i>	3.32	6.58	0.069
Rebrota (número de perfilhos)			
NPK	6.37 \pm 1.12 a	4.00 \pm 0.41 a	2.81 \pm 0.50 a
Controle	2.27 \pm 0.41 b	2.75 \pm 0.19 b	1.00 \pm 0.29 b
<i>p</i>	<0.001	0.004	0.001
<i>F</i>	29.04	3.19	13.25

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

Tabela 3. Média (\pm EP) de clorofila (SPAD), nota de dano e matéria seca (%) das forrageiras cultivadas sob fertilização (NPK) e grupo controle e diferentes densidades de adultos

Forrageiras			
	RUZ 2 (<i>B. ruziziensis</i>)	BRS Kurumi (<i>P. purpureum</i>)	DIG 1 (<i>Digitaria</i> sp.)
FERTILIZAÇÃO			
Clorofila (SPAD)			
NPK	22.35 \pm 1.16 a	26.02 \pm 1.42 a	30.46 \pm 0.98 a
Controle	17.78 \pm 1.38 b	23.54 \pm 1.21 a	26.83 \pm 1.60 b
<i>p</i>	0.010	0.089	0.029
<i>F</i>	7.99	3.17	5.53
Nota de dano			
NPK	1.70 \pm 0.19 a	1.48 \pm 0.08 a	1.70 \pm 0.16 a
Controle	1.94 \pm 0.19 a	1.60 \pm 0.13 a	1.69 \pm 0.17 a
<i>p</i>	0.068	0.130	0.927
<i>F</i>	3.70	2.49	0.009
Matéria seca (%)			
NPK	36.73 \pm 4.77 a	31.63 \pm 2.05 b	53.06 \pm 2.33 a
Controle	46.60 \pm 2.74 a	47.61 \pm 4.52 a	52.17 \pm 1.26 a
<i>p</i>	0.090	0.013	0.720
<i>F</i>	3.22	7.74	0.13
Rebrota (número de perfilhos)			
NPK	5.86 \pm 0.88 a	4.54 \pm 0.40 a	7.50 \pm 1.38 a
Controle	3.50 \pm 0.50 b	3.14 \pm 1.21 a	3.00 \pm 0.60 b
<i>p</i>	0.020	0.016	<0.001
<i>F</i>	6.56	7.17	29.04
DENSIDADE DE ADULTOS			
Clorofila (SPAD)			
0	22.85 \pm 1.11 a	27.71 \pm 1.38 a	32.07 \pm 1.02 a
10	17.27 \pm 1.29 b	21.85 \pm 0.79 b	25.22 \pm 1.17 b
<i>p</i>	0.002	<0.001	<0.001
<i>F</i>	11.95	17.69	19.63
Nota de dano			
0	1.19 \pm 0.05 b	1.21 \pm 0.07 b	1.13 \pm 0.07 b
10	2.45 \pm 0.13 a	1.87 \pm 0.07 a	2.25 \pm 0.09 a
<i>p</i>	<0.001	<0.001	<0.001
<i>F</i>	102.32	70.34	98.01
Matéria seca (%)			
0	39.26 \pm 3.15 a	41.62 \pm 5.74 a	49.23 \pm 1.70 b
10	44.07 \pm 4.81 a	38.34 \pm 2.19 a	56.00 \pm 1.55 a
<i>p</i>	0.393	0.576	0.013
<i>F</i>	0.76	0.33	7.62
Rebrota (número de perfilhos)			
0	5.93 \pm 0.63 a	3.77 \pm 0.39 a	7.92 \pm 1.25 a
10	3.43 \pm 0.77 b	3.86 \pm 0.40 a	2.57 \pm 0.63 b
<i>p</i>	0.014	0.868	<0.001
<i>F</i>	7.37	0.03	41.16

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

Tabela 4. Média (\pm EP) do teor de fibra em detergente neutro (FDN), teor de fibra em detergente ácido (FDS), digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS), lignina e proteína bruta (PB) em *Brachiaria ruziziensis* e *Pennisetum purpureum* cultivadas sob fertilização (NPK) e grupo controle, no bioensaio com ninfas e no bioensaio com adultos

	RUZ 2 (<i>B. ruziziensis</i>)		BRS Kurumi (<i>P. purpureum</i>)	
Fertilização	SUBMETIDOS ÀS NINFAS	SUBMETIDOS AOS ADULTOS	SUBMETIDOS ÀS NINFAS	SUBMETIDOS AOS ADULTOS
FDN (%)				
NPK	73.12 \pm 0.74 a	68.53 \pm 0.53 b	62.64 \pm 0.71 a	66.96 \pm 0.52 a
Controle	73.24 \pm 0.70 a	72.20 \pm 0.66 a	62.60 \pm 1.20 a	67.36 \pm 1.23 a
<i>p</i>	0.900	0.001	0.950	0.705
<i>F</i>	0.01	23.18	0.002	0.15
FDA (%)				
NPK	41.00 \pm 0.78 a	35.16 \pm 0.46 b	41.48 \pm 1.05 b	36.28 \pm 0.20 b
Controle	39.98 \pm 0.65 a	39.26 \pm 0.67 a	47.98 \pm 3.27 a	46.94 \pm 2.22 a
<i>p</i>	0.316	0.001	0.002	<0.001
<i>F</i>	1.06	29.50	15.23	59.61
DIVMS				
NPK	52.53 \pm 0.69 a	58.45 \pm 0.84 a	61.98 \pm 0.78 a	58.08 \pm 0.51 b
Controle	51.09 \pm 0.76 a	49.64 \pm 1.05 b	57.82 \pm 0.18 b	60.57 \pm 1.13 a
<i>p</i>	0.152	<0.001	0.005	0.047
<i>F</i>	2.22	38.23	11.61	4.89
Lignina (%)				
NPK	4.50 \pm 0.15 a	3.40 \pm 0.13 b	7.09 \pm 0.24 a	6.82 \pm 0.33 a
Controle	3.97 \pm 0.14 b	4.20 \pm 0.23 a	4.97 \pm 0.85 b	3.60 \pm 0.39 b
<i>p</i>	0.003	0.005	<0.001	0.003
<i>F</i>	10.93	10.00	55.47	24.39
Proteína Bruta (%)				
NPK	5.36 \pm 0.27 a	7.01 \pm 0.22 a	7.56 \pm 0.25 a	6.13 \pm 0.28 a
Controle	4.79 \pm 0.20 b	4.68 \pm 0.25 b	6.81 \pm 0.23 a	6.13 \pm 0.34 a
<i>p</i>	0.004	<0.001	0.056	0.990
<i>F</i>	6.58	18.78	4.44	0.00

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

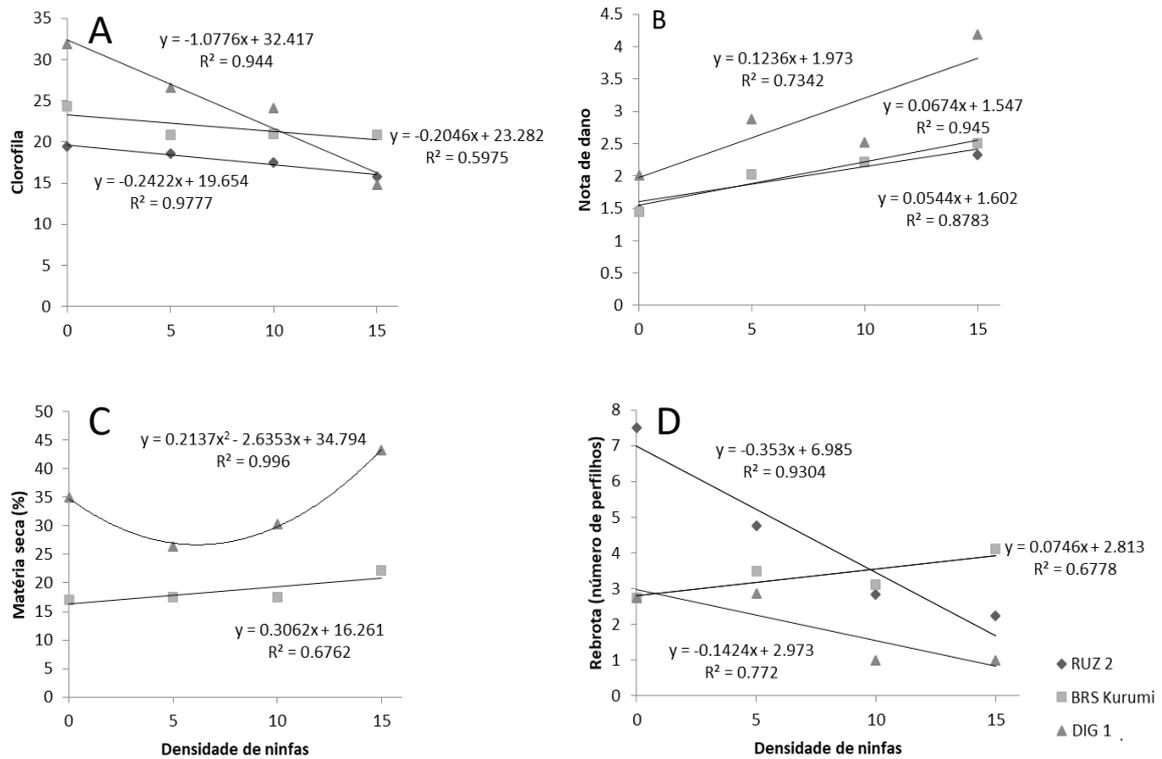


Figura 1. Relação entre as densidades de infestação de ninfas de *Mahanarva spectabilis* e características das plantas RUZ 2 (*Brachiaria ruziziensis*), BRS Kurumi (*Pennisetum purpureum*) e DIG 1 (*Digitaria* sp.). A. Teor de clorofila, B. Nota de dano, C. Teor de matéria seca, D. Capacidade de rebrota.

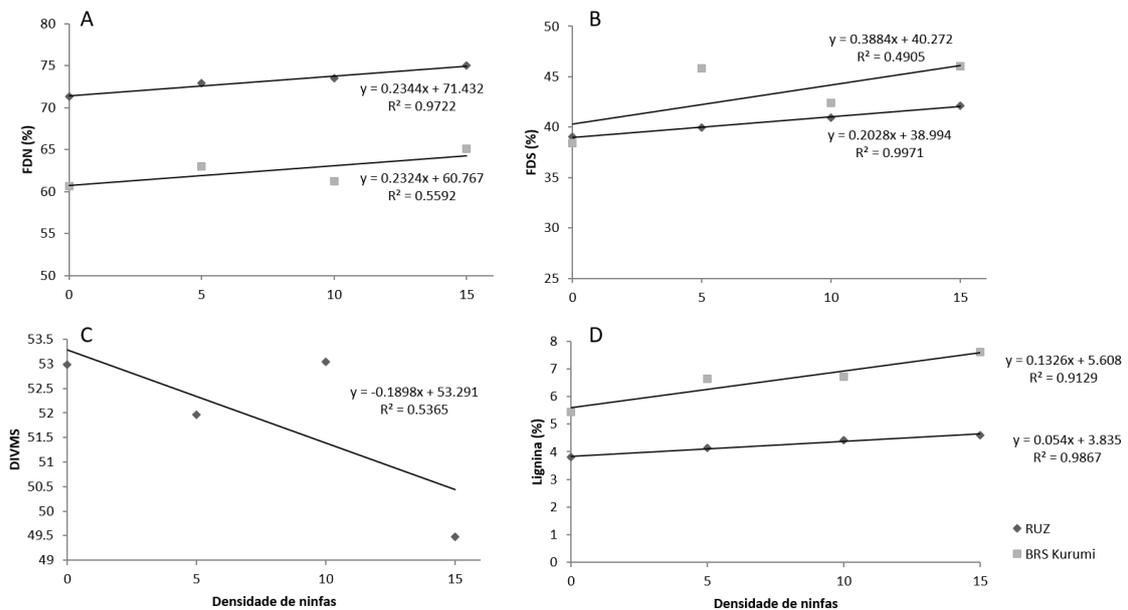


Figura 2. Relação entre as densidades de infestação de ninfas de *Mahanarva spectabilis* e composição químico-bromatológica de RUZ 2 (*Brachiaria ruziziensis*) e BRS Kurumi (*Pennisetum purpureum*). A. Fibra em detergente neutro (FDN), B. Fibra em detergente ácido (FDA), C. Digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS), D. Lignina.

ARTIGO 3**USO DE SILÍCIO E ÓXIDO NÍTRICO NA INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA DE
FORRAGEIRAS A *Mahanarva spectabilis* (HEMIPTERA: CERCOPIDAE)**

Este artigo foi escrito de acordo com as normas do periódico Journal of Applied Entomology, para o qual será submetido. Prévia.

Uso de silício e óxido nítrico na indução de resistência de forrageiras a *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae)

Roberta Alvarenga¹. Alexander Machado Auad^{2*}. Jair Campos Moraes¹. Sandra Elisa Barbosa Silva¹.

¹Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brazil.

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Gado de Leite, Laboratório de Entomologia, Juiz de Fora, MG, Brazil.

*Autor correspondente: alexander.auad@embrapa.br. +55 3233117458.

Agradecimentos: O autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão de bolsas e apoio financeiro ao projeto.

RESUMO

Tem havido um grande esforço no sentido de identificar gramíneas resistentes à cigarrinhas-das-pastagens (Hemiptera: Cercopidae), porém, o tempo necessário para o desenvolvimento e lançamento de novas cultivares é relativamente longo. Uma das táticas atualmente desenvolvidas, e que pode beneficiar o controle de insetos-praga é a utilização de indutores de resistência. O objetivo neste trabalho foi avaliar a viabilidade do uso dos indutores químicos silício e óxido nítrico, com base nas alterações das características vegetativas das forrageiras, e nas mudanças de aspectos biológicos de *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909). O silício foi fornecido na forma de solução de ácido silícico (1% $\text{SiO}_2 \cdot \text{XH}_2\text{O}$) e para o fornecimento de óxido nítrico (ON) foi utilizado uma solução de Nitroprussiato de Sódio. Foi observado que tanto ninfas quanto adultos de *M. spectabilis* são capazes de causar danos significativos em forrageiras e que os indutores silício e óxido nítrico não foram suficientes para minimizar os danos pela influência positiva no crescimento e desenvolvimento de forrageiras. Com relação às mudanças na biologia de *M. spectabilis*, os indutores utilizados não foram hábeis para a alterar de forma negativa os parâmetros biológicos do inseto e nem diminuir sua população. No entanto, foi possível observar um aumento no conteúdo de compostos fenólicos quando as forrageiras foram tratadas com silício e quando foram atacadas por insetos adultos. Apesar de ter havido um aumento na quantidade de compostos fenólicos nas forrageiras tratadas com silício, esse parâmetro não mostrou ser útil para detectar resistência contra cigarrinhas-das-pastagens, sugerindo que as mudanças fisiológicas e bioquímicas que o silício interfere devem ser mais bem estudadas. Desse modo, no que se refere ao manejo efetivo e econômico de *M. spectabilis* em *Brachiaria ruziziensis*, *Pennisetum purpureum* e *Digitaria* sp., este estudo indica que aplicação de indutores químicos, silício e óxido nítrico, não constituem em uma tática viável.

Palavras-chave: Nitroprussiato de sódio. Cigarrinha-das-pastagens. Indutores químicos. Pastagens. Compostos fenólicos.

ABSTRACT

Great efforts have been exerted to identify grasses which are resistant to spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae). However, the time required to develop and launch new cultivars is relatively long. The employment of resistance inducers is a current strategy which may benefit the control of insect-pests. Current analysis evaluates the feasibility in the use of the chemical inducers silicon and nitric oxide foregrounded on changes of foragers' vegetative characteristics and on changes of certain biological aspects of *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909). Silicon was provided in a solution of silicon acid (1% $\text{SiO}_2 \cdot \text{XH}_2\text{O}$) and a solution of sodium nitroprusside was employed for nitric oxide (NO). *M. spectabilis* nymphs and adults were capable of causing significant damages in forager grasses. Further, silicon and nitric oxide inducers were not sufficient to lessen damages through the positive influence in growth and development of foragers. Inducers employed to make changes in the biology of *M. spectabilis* were incapable neither to negatively alter the insect's biological parameters nor diminish its population. However, the contents of phenolic compounds increased when foragers were treated with silicon and when attacked by adult insects. Although there was an increase in phenolic amounts in silicon-treated forager grasses, the parameter was not useful to detect resistance against the spittlebug. This fact suggests that physiological and biochemical changes caused by silicon should be further studied. Current analysis shows that the application of the chemical inducers, silicon and nitric oxide, is not a viable strategy within the effective and economic management of *M. spectabilis* in *Brachiaria ruziziensis*, *Pennisetum purpureum* and *Digitaria* sp.

Keywords: Sodium nitroprusside. Spittlebug. Chemical inducers. Pasture. Phenolic compounds.

INTRODUÇÃO

Espécies de cigarrinhas-das-pastagens pertencentes ao gênero *Mahanarva* têm constituído pragas importantes em pastagens no Brasil e destaque tem sido dado à espécie *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) (Hemiptera: Cercopidae) (Auad et al., 2007; Fonseca, Auad, Resende, Hott, & Borges, 2016; Resende, Auad, Fonseca, Santos, & Vieira, 2012; Silva et al., 2017). As cigarrinhas-das-pastagens são insetos sugadores, sendo os seus danos causados por esses insetos são resultantes da sucção de seiva do xilema e da injeção de secreções salivares no tecido vegetal, determinando a morte das folhas (Valério, 2009). O comprometimento das pastagens anualmente atacadas por esse inseto constitui um problema relevante dentro da bovinocultura e as cigarrinhas são capazes de reduzir drasticamente a produção e a qualidade das pastagens (Valério, 2013).

Diversificação de pastagens utilizando gramíneas resistentes, práticas culturais e controle químico, apesar das limitações, são atualmente as táticas utilizadas (Valério, 2013). Porém, apesar da vasta literatura sobre cigarrinhas, os produtores ainda demandam por medidas efetivas de controle. Tem havido um grande esforço no sentido de identificar gramíneas resistentes às cigarrinhas, porém, o tempo necessário para o desenvolvimento e lançamento de novas cultivares é relativamente longo (Valério, 2009). No que se refere ao controle químico, além de ser considerado economicamente inviável e ecologicamente desfavorável, por se tratar de grandes áreas (Valério, 2013), além disso, há a limitação de haver poucos produtos químicos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a exigência da retirada do gado da área a ser tratada, para respeitar o período de carência ou intervalo de segurança do inseticida químico aplicado (Dias-Filho, 2017). Uma das táticas atualmente desenvolvidas e que pode beneficiar o controle de insetos-praga é a utilização de indutores de resistência (Boughton, Hoover, & Felton, 2006; Leite et al., 2014). O tratamento de plantas com diferentes indutores bióticos (patógenos e insetos fitófagos) e abióticos (químicos) induzem resistência nas plantas que as protegem contra ataques subsequentes (War, Paulraj, War, & Ignacimuthu, 2011). Essa indução é mediada por meio de mecanismos fisiológicos, químicos e moleculares (Zhao et al., 2009), e é uma manifestação temporária de resistência, que tornam as plantas menos adequadas para o inseto.

Há evidências recentes que mostram a associação positiva entre a aplicação de fontes de silício nas plantas e o aumento da resistência aos insetos (Alvarenga, Moraes, Auad, Coelho, & Nascimento, 2017; Nascimento, Assis, Moraes, & Souza, 2017; Yang et al., 2017). Resistência contra os insetos por meio da aplicação de silício são centralizadas em dois

principais mecanismos: mecânicos (físicos) e/ou bioquímicos/moleculares (Reynolds, Padula, Zeng, & Gurr, 2016). O acúmulo e a polimerização de silício na célula epidérmica, logo abaixo da cutícula, formam uma barreira mecânica denominada “dupla camada silício-cutícula” (Savant, Datnoff, & Snyder, 1997), aumentando a rigidez e abrasividade dos tecidos das plantas, conseqüentemente reduzindo a atividade alimentar dos insetos (Goussain, Moraes, Carvalho, Nogueira, & Rossi, 2002; Massey, Ennos, & Hartley, 2006; Kvedaras, Keeping, Goebel, & Byrne, 2007, Yang et al., 2017). Estudos também demonstram que o silício aumenta a atividade de enzimas de defesas, incluindo peroxidases, polifenoloxidase e fenilalanina amonilase (Gomes, Moraes, Santos, & Goussain, 2005), altera a atividades de metabólitos secundários (Yang, Han, Li, Wen, & Hou, 2017), os quais também podem incluir metabólitos envolvidos em defesas indiretas (Kvedaras, Na, Choi, & Gurr, 2010).

Outro indutores que desencadeiam respostas específicas de defesas nas plantas são indutores doadores de óxido nítrico (Arasimowicz, & Floryszak-Wieczorek, 2007). O óxido nítrico é uma molécula que participa de vários processos fisiológicos nas plantas (Dias & Rangel, 2007) e também confere tolerância a estresses abióticos (Kazemi, Khavari-Nejad, Fahimi, Saadatmand, & Nejad-Sattari, 2010; Simaei, Khavari-Nejad, Saadatmand, Bernard, & Fahimi, 2011). Foi demonstrado também que o óxido nítrico atua como molécula sinalizadora e está envolvido na expressão de enzimas de defesa, na deposição de lignina e resistência sistêmica adquirida (Krasylenko, Yemets, & Blume, 2010). Porém, poucos são os trabalhos envolvendo a aplicação de óxido nítrico na defesa contra insetos (Leite et al., 2014; Auad, & Resende, 2018).

Assim, o objetivo neste trabalho foi avaliar a viabilidade do uso dos indutores químicos silício e óxido nítrico, com base nas alterações das características vegetativas das forrageiras e de alguns aspectos biológicos de *M. spectabilis*.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção e manutenção das forrageiras e aplicação de indutores químicos

As espécies de gramíneas forrageiras *Brachiaria ruziziensis*, *Pennisetum purpureum* e *Digitaria* sp., do programa de melhoramento de forrageiras, foram advindas do campo experimental da Embrapa Gado de Leite em Coronel Pacheco, MG. Nesse mesmo local, coletou-se o solo com textura argilosa (59% de argila, 5% de sedimento e 36% de areia). Em casa de vegetação da Embrapa Gado de Leite em Juiz de Fora, MG, plantas de *P. purpureum* e *Digitaria* sp. foram propagadas vegetativamente em vasos com capacidade de 1 kg de solo.

Já o cultivo de *B. ruziziensis* foi feito a partir de sementes, inicialmente em bandejas com vermiculita e, aos 15 dias, foram transplantados para tubetes contendo substrato de plantas. Trinta dias após a semeadura, as plantas foram transplantadas definitivamente para os vasos com capacidade de 1 kg. As plantas foram mantidas em casa de vegetação sendo diariamente irrigadas e adubadas a cada 30 dias com sulfato de amônia, super simples e ureia, até sua utilização nos experimentos. Em todos os bioensaios, foram utilizadas plantas com 50 dias após a última poda de padronização, onde todas as plantas a serem utilizadas nos bioensaios eram podadas 15 cm acima do solo.

O silício foi fornecido na forma de solução de ácido silícico (1% $\text{SiO}_2 \cdot \text{XH}_2\text{O}$) na dosagem equivalente a 2 t $\text{SiO}_2 \text{ ha}^{-1}$. Para dissolver totalmente o ácido silícico em água destilada foi utilizada uma cuba ultrassônica (Elma Ultrasonic, Singen, Alemanha) a 40 °C durante 10 minutos. Este aparelho alia a frequência do ultra-som ao calor úmido o que facilitou a solubilização. A quantidade de 100 ml de solução foi aplicada “in drench” em cada vaso aos 20° e 40° dia após o plantio/transplante das forrageiras utilizadas. Para o fornecimento de óxido nítrico (ON), a parte aérea de cada planta foi pulverizada com 6 ml de solução de 0.15 g/L de Nitroprussiato de Sódio, que é um composto capaz de liberar óxido nítrico na sua fase aquosa, dois dias depois do início do experimento este tratamento foi repetido três vezes a cada três dias.

Obtenção e manutenção do inseto-praga

Adultos de *M. spectabilis* foram coletados nos campos experimentais da Embrapa Gado de Leite em Coronel Pacheco, MG e Valença, RJ; e mantidos no Laboratório de Entomologia da Embrapa Gado de Leite. Para obtenção de ovos, adultos foram mantidos em gaiolas de acrílico (30 x 30 x 60 cm), com uma planta de *P. purpureum* (cv. Napier). A base dessa planta foi envolvida por gaze umedecida em água destilada, que serviu de substrato para oviposição. Para a retirada dos ovos retidos no substrato, a gaze foi colocada sobre um conjunto de peneiras e submetidos à água corrente, onde os ovos ficaram retidos na peneira mais fina (400 µm mesh de abertura). Posteriormente, os ovos obtidos foram colocados em placas de Petri (10 cm Ø) forradas com papel filtro umedecido e mantidos em câmara climatizada (28±2°C; 70±10% UR; 14 horas de fotofase). O papel filtro foi umedecido diariamente e o desenvolvimento embrionário foi observado até o estágio S4, que caracteriza ovo próximo à eclosão. Os ovos foram utilizados no bioensaio que avalia os parâmetros biológicos do inseto alimentados de plantas submetidas aos indutores químicos.

Ninfas de 3° e 4° ínstaes e adultos foram coletados nos campos experimentais da Embrapa Gado de Leite para os bioensaios que determinaram as características vegetativas das plantas submetidas aos indutores químicos e ao ataque de ninfas e adultos.

Bioensaio 1. Determinação de características vegetativas de plantas submetidas a indutores químicos, ninfas ou adultos de *M. spectabilis*: estudo da tolerância

Foram utilizadas forrageiras com 50 dias após a última poda de padronização e 10 dias após a última aplicação de ácido silícico. O ensaio com ninfas e adultos foram conduzidos em casa de vegetação separadamente.

O ensaio com ninfas foi realizado em esquema fatorial envolvendo quatro densidades de insetos (0, 5, 10 e 15) e dois indutores (ácido silícico e óxido nítrico) mais o controle (água), em um total de 10 blocos. Em cada vaso, uma planta de uma das forrageiras submetidas ou não ao tratamento com indutor teve as raízes expostas para facilitar a alimentação das ninfas. Em cada vaso foram introduzidas 0, 5, 10 ou 15 ninfas de 4° e 5° ínstaes de *M. spectabilis*. Os vasos foram fechados com tecido do tipo “voil” para evitar que as ninfas escapassem. As plantas foram avaliadas em dias alternados durante 10 dias. Ninfas mortas e adultos emergidos foram retirados, e ao mesmo tempo, ninfas foram reinfestadas a fim de se manter a mesma densidade de insetos em cada tratamento. Depois desse período, as ninfas foram retiradas e os seguintes parâmetros foram avaliados: índice relativo de clorofila, nota de dano, porcentagem de matéria seca, capacidade de rebrota, conteúdo de silício e compostos fenólicos.

Para avaliação do índice relativo de clorofila (parâmetro fisiológico) foi utilizado o medidor portátil de clorofila Minolta SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development). Em cada planta foi realizada a leitura em três folhas, sendo utilizada a média das três. A nota de dano de cada planta foi avaliada visualmente a partir da média da nota dada por três avaliadores. A média foi convertida a uma escala de dano de 1 a 5, como proposto por Cardona et al. (1999): 1= sem danos visíveis; 2= até 25% da área foliar afetada; 3= de 25 a 50% da área foliar afetada; 4= de 51 a 75% da área foliar afetada e 5 \geq 76% da área foliar afetada. Em seguida, as plantas foram cortadas 5 cm acima do solo para a obtenção do peso fresco e depois seco em estufa a 55°C por 72 h, para determinação da matéria seca, silício e compostos fenólicos. Para avaliar a capacidade de rebrota, os vasos com as plantas cortadas foram mantidos em casa de vegetação, e após 30 dias foi feita a contagem de perfilhos em cada vaso.

Semelhante ao ensaio com ninfas, o ensaio com adultos foi realizado em esquema fatorial envolvendo duas densidades de adultos (0, 10) e dois indutores (ácido silícico e óxido

nítrico) mais o controle (água), em um total de 10 blocos. Cada vaso contendo uma planta foi colocado dentro de uma gaiola de monofilamento em polietileno e polipropileno (75 x 36 cm) e dentro de cada gaiola foram liberados nenhum ou 10 adultos de *M. spectabilis*. Diariamente, adultos mortos eram retirados e a mesma quantidade era reinfestada a fim de manter a densidade inicial. Após cinco dias os adultos foram removidos e os seguintes parâmetros foram avaliados: índice relativo de clorofila, nota de dano, porcentagem de matéria seca, capacidade de rebrota aos 30 dias após o corte, conteúdo de silício e compostos fenólicos. Para os parâmetros avaliados seguiu-se a metodologia citada anteriormente.

Para determinação do conteúdo de silício foram utilizadas as amostras secas e moídas das plantas tratadas com silício e submetidas às infestações de 15 ninfas e 10 adultos, que foram as máximas densidades de insetos utilizadas nos experimentos. A análise do conteúdo de silício foi determinada conforme metodologia descrita por Korndörfer et al. (2004) no Laboratório de Fertilizantes da Universidade Federal de Uberlândia. Para determinação dos compostos fenólicos foram utilizadas as amostras secas e moídas das plantas tratadas com silício e óxido nítrico e submetidas às infestações de 15 ninfas e 10 adultos. As amostras foram enviadas ao Laboratório de Ciência dos Alimentos, na Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais e para a determinação do conteúdo de compostos fenólicos pelo método Folin Ciocateau.

Bioensaio 2. Parâmetros biológicos de *M. spectabilis* alimentadas de plantas submetidas a indutores químicos: estudo da antibiose

Para a avaliação da duração e sobrevivência ninfal, o delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial, envolvendo as três espécies forrageiras (*B. ruziziensis*, *P. purpureum* e *Digitaria* sp.), os indutores (ácido silícico e óxido nítrico) e o controle, em um total de 10 blocos.

Dez dias após a última aplicação de silício (plantas com 50 dias após o plantio/transplante) foram utilizadas as forrageiras com as raízes expostas para facilitar o encontro do sítio de alimentação das ninfas do inseto-praga. Em cada vaso (unidade amostral), foram colocados 30 ovos de *M. spectabilis* em estágio S4. Os vasos foram cobertos com tecido do tipo “voil”, a fim de evitar a fuga das ninfas. Após a eclosão da primeira ninfa, avaliações diárias foram feitas para quantificar o número de ninfas vivas, bem como a data em que as ninfas se tornaram adultos. Uma vez que os adultos emergiram, calcularam-se a duração (dias) e a sobrevivência ninfal (%).

Após a emergência, os adultos foram identificados quanto ao sexo e agrupados em casais. Cada casal foi colocado em gaiola de tecido “voil”, com uma planta da respectiva forrageira com ou sem indutores químicos. Em cada gaiola foi colocada uma gaze umedecida com água na base da planta, que serviu de substrato para oviposição. Diariamente, os números de adultos vivos e mortos eram registrados, caracterizando a longevidade. Para calcular a fecundidade total (número de ovos/fêmea), após a morte da fêmea, o substrato (gaze) de oviposição foi retirado. Em seguida, os ovos eram retirados, seguindo metodologia anteriormente mencionada e contabilizados.

Para as características de desenvolvimento e reprodução dos adultos de *M. spectabilis* foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com número de unidades amostrais (casais) em função do número de adultos emergidos por tratamento fatorial e em função do número de ovos por casal.

Análises dos dados e estatística

Os efeitos da aplicação de silício e óxido nítrico, e da densidade de ninfas e adultos de *M. spectabilis* e a interação desses fatores nas características fenotípicas de cada espécie de planta e no desenvolvimento e reprodução de *M. spectabilis* foram analisados usando two-way ANOVA, seguido pelo teste de Tukey quando significativo ($p < 0,05$). Dados de porcentagem foram transformados em arco-seno $\sqrt{X/100}$ antes das análises. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa estatístico SigmaPlot 12.5 (Systat, 2013).

RESULTADOS

Bioensaio 1. Determinação de características vegetativas de plantas submetidas a indutores químicos, ninfas ou adultos de *M. spectabilis*: estudo da tolerância

Não houve interação significativa no uso de indutores e ataque de ninfas e adultos suficientes para modificar a clorofila, nota de dano, porcentagem de matéria seca e capacidade de rebrota de nenhuma das forrageiras avaliadas, com exceção da capacidade de rebrota em *P. purpureum*, no qual constatou interação dos indutores com a densidade de ninfas (Tabela 1).

Não foi observado efeito dos indutores na maioria das características avaliadas no ensaio com ninfas (Fig. 1) exceto a nota de dano em *P. purpureum*, na qual as plantas tratadas com silício apresentaram a maior nota (Fig. 1E) e as plantas tratadas com óxido nítrico a menor.

Em relação às densidades de ninfas, constatou-se que o aumento da infestação promoveu diminuição no índice de clorofila em todas as forrageiras (Fig. 2A, 2B, 2C). A nota de dano em todas as espécies de forrageiras apresentou um aumento crescente (Fig. 2D, 2E, 2F), exceto em *Digitaria* sp., onde as densidades de 5 e 10 ninfas não diferiram entre si (Fig. 2F). A porcentagem de matéria seca não foi alterada com o aumento das densidades de ninfas (Fig. 2G, 2H, 2I) e a capacidade de rebrota foi diminuída em *B. ruzizensis* (Fig. 2J) e *Digitaria* sp. (Fig. 2L), porém, em *P. purpureum* a rebrota não sofreu alteração com as densidades de ninfas (Fig. 2K).

Semelhante ao ensaio com ninfas, não foi observado efeito significativo dos indutores na maioria das características vegetativas avaliadas no ensaio com insetos adultos (Fig. 3). Houve somente diferença significativa na nota de dano em *B. ruzizensis*, onde plantas do grupo controle, ou seja, sem indutores, apresentaram menor nota (Fig. 3D) e em *P. purpureum*, onde plantas também do grupo controle apresentaram uma menor capacidade de rebrota (Fig. 3K).

Na presença de insetos adultos, em todas as forrageiras foi verificada diminuição do índice de clorofila (Fig. 4A, 4B, 4C) e aumento da nota de dano (Fig. 4D, 4E, 4F). Em relação à porcentagem de matéria seca, foi verificado um aumento da porcentagem em *B. ruzizensis* (Fig. 4G) e *Digitaria* sp. (Fig. 4I); no entanto, para *P. purpureum* não houve alteração com a presença de adultos (Fig. 4H). A capacidade de rebrota não foi alterada pelo ataque de adultos de *M. spectabilis* em *B. ruzizensis* (Fig. 4J). Plantas de *P. purpureum* (Fig. 4K) e *Digitaria* sp. (4L) apresentaram menores capacidades de rebrota quando atacadas pelos adultos.

Conteúdo de silício e de compostos fenólicos. Não foi observada interação significativa entre aplicação de silício e ataque de ninfas e adultos no conteúdo foliar de silício das plantas forrageiras ($p=0.750$; $F=0.29$). O conteúdo de silício foliar não variou entre as plantas tratadas com silício e plantas sem silício (Controle) ($p=0.901$; $F=0.01$). No entanto, foi observado aumento no conteúdo foliar quando as forrageiras estavam sob o ataque de insetos adultos, independentemente se as plantas foram tratadas com silício ou não ($p=0.049$; $F=3.20$) (Fig. 5).

Interação significativa entre os indutores silício e óxido nítrico e o ataque de ninfas e adultos de *M. spectabilis* foi observada em relação ao conteúdo de compostos fenólicos ($p=0.009$; $F=3.68$) (Fig. 6). Quando as forrageiras não estavam sob o ataque de insetos, plantas tratadas com silício apresentaram maior conteúdo em relação às plantas controle. Sob o ataque de ninfas ou adultos, o conteúdo de compostos fenólicos não foi alterado entre os

indutores. Avaliando o conteúdo de compostos fenólicos entre diferentes tipos de ataque de insetos, as forrageiras tratadas com silício apresentaram maiores valores de conteúdo sob o ataque de adultos e quando não estavam sob ataque de insetos. Forrageiras tratadas com óxido nítrico e forrageiras sem tratamento de indutor químico apresentaram maiores conteúdos de compostos fenólicos sob o ataque de adultos.

Bioensaio 2. Parâmetros biológicos de *M. spectabilis* alimentados de plantas submetidas a indutores químicos: estudo da antibiose

Foi verificada interação significativa entre as espécies de forrageiras *B. ruziziensis*, *P. purpureum* e *Digitaria* sp. e os indutores silício e óxido nítrico somente para duração do período ninfal ($p < 0.001$; $F = 302.93$) (Fig. 7). Em *B. ruziziensis*, a maior duração do período ninfal foi observada em plantas sem indutores (controle). Em *Digitaria* sp., a duração diferiu entre plantas do grupo controle e plantas tratadas com óxido nítrico, onde insetos que se alimentaram de plantas com esse indutor apresentaram menor período de duração ninfal. Em *P. purpureum*, não houve diferença da duração entre os indutores. Entre as forrageiras, a duração do período ninfal de *M. spectabilis* foi sempre maior quando alimentadas com *B. ruziziensis*, seguidas por ninfas alimentadas com *P. purpureum*; ninfas alimentadas com *Digitaria* sp. apresentaram os menores valores.

Para todos os outros parâmetros biológicos não houve interação significativa entre as espécies forrageiras e os indutores utilizados ($p = 0.055$, $F = 2.43$ para sobrevivência ninfal; $p = 0.313$, $F = 1.19$ para longevidade de adultos; $p = 0.693$, $F = 0.56$ para fecundidade; $p = 0.460$, $F = 0.91$ para viabilidade de ovos; $p = 0.116$, $F = 1.86$ para ovos inviáveis; $p = 0.369$, $F = 1.07$ para ovos em diapausa).

Avaliando somente os efeitos dos indutores, não foi possível observar diferença significativa em nenhuma das características avaliadas (Tabela 2). No entanto, foi observado diferenças significativas quanto ao efeito das forrageiras na sobrevivência ninfal, longevidade de adultos e fecundidade de fêmeas. A sobrevivência ninfal e a fecundidade de fêmeas foram significativamente maiores quando as cigarrinhas se alimentaram de *P. purpureum*. A longevidade de adultos foi maior para cigarrinhas que se alimentaram de *P. purpureum*, seguidas por cigarrinhas alimentadas por *Digitaria* sp. e *B. ruziziensis*.

DISCUSSÃO

Diferente dos resultados apresentados pelos indutores químicos, o ataque de ninfas e adultos de *M. spectabilis* foram capazes de alterar, porém, de forma negativa, as características fenotípicas das plantas. Foi possível constatar que o aumento da infestação de ninfas e adultos proporcionaram reduções significativas no índice de clorofila e na capacidade de rebrota das plantas, independentemente dos indutores utilizados. A diminuição do índice de clorofila é umas das mais importantes indicações de danos de adultos de cigarrinhas-das-pastagens (Lóñez, Cardona, Miles, Sotelo, & Montoya, 2009) e esta diminuição também pode ser observada quando ninfas atacam as forrageiras (Dinardo-Miranda et al., 2014). As ninfas inserem seus estiletes nos vasos do xilema e sugam continuamente a seiva das raízes, destruindo os vasos condutores, o que dificulta o transporte de água e nutrientes, debilitando a planta e causando o sintoma conhecido por desordem fisiológica (Byers & Wells, 1966); possivelmente essa desordem influencia o teor de clorofila. Em relação ao ataque de adultos, se a toxina produzida por estes ativamente degrada clorofila ou interfere na síntese da mesma ainda não é totalmente claro (Lóñez et al., 2009). De acordo com Dinardo-Miranda et al. (2014), a diminuição da clorofila pode negativamente afetar a capacidade fotossintética das plantas e produção. Como já demonstrado por vários autores houve aumento de dano com o aumento da densidade de cigarrinhas-das-pastagens (Lóñez et al., 2009; Resende et al., 2013). Todas as forrageiras que foram infestadas com algumas das densidades de ninfas ou adultos apresentaram diferentes intensidades dos típicos sintomas de injúria de alimentação das cigarrinhas, que inclui amarelecimento progressivo, listras cloróticas e até morte das plantas (Lóñez et al., 2009).

A diminuição da capacidade de rebrota, observado nas forrageiras aos 30 dias após a poda, é associada por outros autores com a presença de cigarrinhas (Valério & Nakano, 1988; Aguiar, Auad, Fonseca, & Leite, 2014). Esta redução pode ocorrer devido à grande quantidade de seiva sugada pelas ninfas, o que pode causar desequilíbrio hídrico e esgotamento de carboidratos solúveis usados no processo de crescimento das plantas (Costa, 2004), comprometendo a capacidade de persistência da forrageira e, conseqüentemente, diminuindo sua capacidade de rebrota. O aumento da matéria seca observado em *B. ruziziensis* e em *Digitaria* sp. devido ao ataque de adultos de *M. spectabilis* também é decorrente dos danos provocados pela alimentação das cigarrinhas. Segundo Resende, Auad, Fonseca, Santos, & Vieira (2012), a alimentação de *M. spectabilis* ocasiona uma seca precoce das plantas, o que reduz o peso fresco e, conseqüentemente, o aumento da porcentagem de matéria seca.

Apesar de o silício e o óxido nítrico influenciarem positivamente no crescimento e desenvolvimento de algumas culturas (Epstein, 1994; Nascimento et al., 2017), isto não foi observado de maneira geral no presente estudo. Este fato pode estar relacionado à influência desses elementos na resistência da planta, uma vez que seus fotoassimilados podem ter sido disponibilizados para as rotas envolvidas nos mecanismos de defesa ao invés do crescimento vegetativo (Liu et al., 2017; Yang, Han, Li, Wen, & Hou, 2017), já que em nossos resultados foi observado uma interação significativa entre os indutores e o ataque de ninfas e adultos de *M. spectabilis* em relação ao conteúdo de compostos fenólicos nas forrageiras.

Compostos fenólicos, um grupo de metabólitos secundários, é um importante grupo de compostos que medeiam defesas em plantas (War et al., 2011). Podem ser divididos em duas classes: os sintetizados durante o desenvolvimento normal dos tecidos das plantas e os induzidos, que são sintetizados pelas plantas em respostas à injúria, infecção ou quando estressadas por indutores adequados (Lattanzio, Lattanzio, & Cardinali, 2006). A oxidação de fenóis produz muitos compostos de defesa que alteram a fisiologia e o metabolismo das plantas, o qual permitem que estas suportem vários estresses de maneira direta ou pela mediação de diferentes vias de sinalização (Rani & Jyothsna, 2010).

Quando as forrageiras não estavam sob o ataque de insetos, as plantas tratadas com silício apresentaram o maior conteúdo de compostos fenólicos. Recentes estudos têm demonstrado e enfatizado o papel bioquímico e molecular do silício na defesa de plantas contra insetos herbívoros (Reynolds et al., 2016). Há um aumento crescente na última década de estudos que demonstram que o tratamento com silício aumenta os níveis de transcrição de genes relacionados à defesa em plantas, aumentando a atividade de enzimas envolvidas na biossíntese de compostos fenólicos (Han et al., 2016; Yang et al., 2017). Ye et al. (2013) demonstraram também uma alta interação entre silício e ácido jasmônico (AJ), onde plantas tratadas com silício permitiu altos níveis de produção de AJ e aumentou a expressão de uma gama de genes relacionados à defesa. É bem conhecido que AJ é um fitormônio envolvido em vias de sinalização de defesa nas plantas e a via do AJ é uma das três vias de transdução de sinais conhecidas que estão relacionadas à indução de voláteis de plantas induzidos pela herbivoria (HIPV) (Dicke, Gols, Ludeking, & Posthumus, 1999).

Apesar de o óxido nítrico ser reconhecido como uma molécula sinalizadora na fisiologia de plantas (Grob, Durner, & Gaupels, 2013), a aplicação exógena de doadores dessa molécula não modificaram o conteúdo de compostos fenólicos nas forrageiras. Esses resultados assemelham-se aos de Auad & Resende (2018), onde a aplicação de nitroprussiato de sódio (doador de óxido nítrico) em forrageiras do gênero *Brachiaria* diminuiu a

concentração de compostos fenólicos na parte aérea das plantas. Leite et al. (2014) também demonstraram que a aplicação de nitroprussiato de potássio não modificou o conteúdo de compostos fenólicos e não agiu sistematicamente em forrageiras da espécie *P. purpureum*. Segundo Nutt, O'shea, & Allsopp (2004), compostos fenólicos com concentrações diminuídas são precursores para o aumento de outros, um fato que mostra a importância da qualificação e quantificação do conteúdo de fenólicos para garantir que estes agem como indutores de resistência a insetos-praga.

No presente estudo também foi possível observar que plantas atacadas por insetos adultos, além de apresentarem um maior conteúdo de compostos fenólicos quando comparado com plantas sem ataque e plantas atacadas somente por ninfas, também apresentaram um maior conteúdo de silício foliar. Muitos são os autores que demonstraram que a infestação de insetos desencadeia a produção de compostos secundários, de enzimas antiherbivoria e afeta a emissão de compostos voláteis (Liu et al., 2017; Wu et al., 2017; Yang et al., 2017). Segundo Latazzio et al. (2006), traços de resistência nas plantas requerem a realocação de recursos e moléculas defensivas são consideradas de alto custo para a produção em plantas, devido à sua biossíntese e consequências ecológicas, onde um caminho para as plantas reduzirem estes custos é sintetizar esses compostos de defesas somente depois do dano inicial pelo inseto herbívoro. A acumulação de silício observada após a herbivoria de adultos, independentemente da aplicação desse elemento, também é uma resposta de defesa a danos em gramíneas. Massey, Ennos, & Hartley (2007) demonstraram que o acúmulo do teor de silício devido à herbivoria é uma resposta de defesa a danos em gramíneas e é dependente do grau e tipo de dano. Segundo Hartley & DeGabriel. (2016), a acumulação é dependente do tipo de dano, porém, há pouca informação em relação à magnitude de indução de silício devido à herbivoria. Os aumentos observados somente com o ataque de insetos adultos podem estar relacionados às secreções salivares injetadas nas plantas no ato da alimentação (Valério, 2013). Ainda pode estar relacionado ao fato de que no presente trabalho foi quantificado a porcentagem de compostos fenólicos somente da parte aérea das plantas, local que os insetos adultos se alimentam. Ninfas de cigarrinhas se alimentam nas raízes, e segundo Silva et al. (2005), a infestação com ninfas de cigarrinhas de *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) (Hemiptera: Cercopidae) podem sim estimular a produção de compostos fenólicos, porém nos tecidos das raízes de cana-de-açúcar

Embora a aplicação de silício tenha mostrado um aumento no teor de compostos fenólicos na parte aérea das forrageiras, este não foi suficiente para afetar adversamente a biologia dos insetos. O único efeito observado da aplicação de silício foi a diminuição do

período ninfal quando estas se alimentaram de *B. ruziziensis*. O óxido nítrico também foi capaz de diminuir o período ninfal de *M. spectabilis* alimentada com *B. ruziziensis* e *Digitaria* sp.

Os efeitos positivos da aplicação de silício contra agentes bióticos não são sempre óbvios, dado que a acumulação desse elemento difere entre espécies de plantas e cultivares (Reynolds et al., 2016). Os resultados do presente estudo diferem dos obtidos por Korndorfer, Grisoto, & Vendramim (2011), que mostraram que a aplicação de fontes de silício em cana de açúcar afetou negativamente a mortalidade ninfal, causaram aumento na duração do período ninfal e diminuição da longevidade de machos e fêmeas de cigarrinhas do mesmo gênero da espécie estudada, *M. fimbriolata*. Estudos recentes também demonstraram efeitos negativos da aplicação de silício em outros insetos sugadores (Wu et al., 2017; Yang et al., 2017). As diferenças encontradas entre os estudos estão relacionadas ao fato de que experimentos que avaliam os efeitos da aplicação de silício dependem dos sistemas do estudo, tais como o tipo de solo, espécies de plantas e insetos escolhidos, e os métodos usados para aplicar e/ou medir o conteúdo de silício (Cooke, DeGabriel, & Hartley, 2016; Hartley & DeGabriel, 2016). Em relação à ação do óxido nítrico, embora existam indicações de que este elemento esteja envolvido na respostas de sinalização de defesa contra estresses bióticos (Arasimowicz, & Floryszak-Wieczorek, 2007), não ocorreu alteração no conteúdo de compostos fenólicos, e de modo consequente, também não afetou os parâmetros biológicos de *M. spectabilis*.

A avaliação das espécies de forrageiras como fator influenciando a biologia de *M. spectabilis* confirmou a forrageira *P. purpureum* como suscetível a este inseto-praga. A sobrevivência ninfal e a fecundidade de fêmeas foram muito maiores quando as cigarrinhas se alimentaram dessa forrageira. Medidas diretas de fecundidade são provavelmente o indicador mais confiável dos efeitos da qualidade da planta hospedeira (Awmack & Leather, 2002) e junto com a taxa de desenvolvimento e longevidade determinam a taxa de crescimento de uma população, caracterizando o sucesso ou falha de um inseto-praga (Hentz & Nuessly, 2004) e a capacidade de causar danos diretos às plantas. Segundo Valério, Cardona, Peck, & Sotelo (2001) o gênero *Mahanarva* é associado historicamente com gramíneas mais altas e robustas, como *P. purpureum*. Esse resultado é consistente com observações anteriores de Auad et al. (2007) e Alvarenga et al. (2017) que demonstraram a suscetibilidade de *P. purpureum* a *M. spectabilis*. Segundo Alvarenga et al. (2017), *M. spectabilis*, entre outras espécies de cigarrinhas, pode se apresentar como o maior problema em pastagens de *P. purpureum*. O baixo desempenho de *M. spectabilis* nas plantas de *B. ruziziensis* e *Digitaria* sp. pode sugerir a presença de propriedades antibióticas e/ou fagodeterrentes nessas espécies

de plantas, devido à barreiras físicas dificultando a alimentação ou pode estar relacionado à falta de nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento do inseto (Juma et al., 2015).

Os dados do presente estudo demonstrou que tanto o aumento de ninfas e adultos de *M. spectabilis* são capazes de causar danos significativos em forrageiras e que os indutores silício e óxido nítrico não são suficientes para minimizar os danos por meio de efeitos positivos no crescimento e desenvolvimento das forrageiras. Com relação às mudanças na biologia de *M. spectabilis*, os indutores utilizados não foram hábeis para a alterar de forma negativa os parâmetros biológicos do inseto, nem diminuir o crescimento de sua população. No entanto, foi possível observar um aumento no conteúdo de compostos fenólicos quando as forrageiras foram tratadas com silício e quando foram atacadas por insetos adultos. Apesar de ter havido aumento na quantidade de compostos fenólicos nas forrageiras tratadas com silício, esse parâmetro não mostrou ser útil para detectar resistência contra cigarrinhas-das-pastagens, sugerindo que as mudanças fisiológicas e bioquímicas que o silício interfere devem ser mais bem estudadas. Desse modo, no que se refere ao manejo efetivo e econômico de *M. spectabilis* em *B. ruziziensis*, *P. purpureum* e *Digitaria* sp., este estudo indica que a aplicação de indutores químicos, silício e óxido nítrico, até o momento, não se constituem uma tática viável.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, D. M., Auad, A. M., Fonseca, M. G. & Leite, M. V. (2014). *Brachiaria ruziziensis* responses to different fertilization doses and to the attack of *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae) Nymphs and adults. *The Scientific World Journal*, 2014, 1-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/543813>
- Alvarenga, R., Moraes, J. C., Auad, A. M., Coelho, M. & Nascimento, A. M. (2017). Induction of resistance of corn plants to *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) by application of silicone and gibberellic acid. *Bulletin of Entomological Research*, 1-7. DOI: 10.1017/S0007485316001176
- Alvarenga, R., Auad, A. M., Moraes, J. C., Silva, S. E. B., Rodrigues, B. S. & Silva, G. B. (2017). Spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) and their host plants: a strategy for pasture diversification. *Applied Entomology and Zoology*, 52, 653-660. DOI: 10.1007/s13355-017-0521-0
- Arasimowicz, M. & Floryszak-Wieczorek, J. (2007). Nitric oxide as a bioactive signalling molecule in plant stress responses. *Plant Science*, 172, 876-887. DOI: 10.1016/j.plantsci.2007.02.005
- Auad, A. M. & Resende, T. T. (2018). Use of chemical inducers as resistance trigger in *Brachiaria* grasses and sugarcane. *Florida Entomologist* (in press).
- Auad, A. M., Simões, A. D., Pereira, A. V., Braga, A. L. F., Souza Sobrinho, F., Lédo, F. J. S., Paula-Moraes, S. V., Oliveira, S. A. & Ferreira, R. B. (2007). Seleção de genótipos de capim-elefante quanto à resistência à cigarrinha-das-pastagens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42, 1077-1081.
- Awmack, C. S. & Leather, S. R. (2002). Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*, 47, 817-844. DOI: 10.1146/annurev.ento.47.091201.145300
- Boughton, A. J., Hoover, K. & Felton, G. W. (2006). Impact of chemical elicitor applications on greenhouse tomato plants and population growth of the green peach aphid, *Myzus persicae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 120, 175-188.
- Byers, R. A. & Wells H. D. (1966). Phytotoxemia of coastal bermudagrass caused by the two-lined spittlebug, *Prosapia bicincta* (Homoptera, Cercopidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 59, 1067-1071. DOI: <https://doi.org/10.1093/aesa/59.6.1067>
- Cooke, J., DeGabriel, J. L. & Hartley, S. E. (2016). The functional ecology of plant silicone: geoscience to genes. *Functional Ecology*, 30, 1270-1276. DOI: 10.1111/1365-2435.12711
- Costa, N. L. (2004). Formação, manejo e recuperação de pastagens em Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia.
- Dias, G. B. & Rangel, T. B. A. (2007). Indução de resistência em plantas: o papel do óxido nítrico. *Revista Capixaba de Ciência e Tecnologia*, 3, 1-8.

- Dias-Filho, M. B. (2017). Soluções para problemas recorrentes em pastagens no Pará. Brasília: Embrapa.
- Dicke, M., Gols, R., Ludeking, D. & Posthumus, M. A. (1999). Jasmonic acid and herbivory differentially induce carnivore-attracting plant volatiles in lima bean plants. *Journal of Chemical Ecology*, 25, 1907–1922. DOI: 10.1023/A:10209421 02181
- Dinardo-Miranda, L. L., Costa, V. P., Fracasso, J. V., Perecin, D., Oliveira, M. C., Izeppi, T. S. & Lopes, D. O. P. (2014). Resistance of sugarcane cultivars to *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemiptera: Cercopidae). *Neotropical Entomology*, 93, 90-95. DOI: 10.1007/s13744-013-0182-9
- Epstein, E. (1994). The anomaly of silicon in plant biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91, 11-17.
- Fonseca, M. G., Auad, A. M., Resende, T. T., Hott, M. C. & Borges, C. A. V. (2016). How will *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae) respond to global warming? *Journal of Insect Science*, 16, 1-6. DOI: 10.1093/jisesa/iew005
- Gomes, F. B., Moraes, J. C., Santos, C. D. & Goussain, M. M. (2005). Resistance induction in wheat plants by silicone and aphids. *Scientia Agricola*, 62, 547-551.
- Goussain, M. M., Moraes, J. C., Carvalho, J. G., Nogueira, N. L. & Rossi, M. L. (2002). Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, 31, 305-310.
- Grob, F., Durner, J. & Gaupels, F. (2013). Nitric oxide, antioxidants and prooxidants in plant defence responses. *Frontiers in Plant Science*, 4, 419. DOI: 10.3389/fpls.2013.00419
- Han, Y., Li, P., Gong, S., Yang, L., Wen, L. & Hou, M. (2016). Defense responses in rice induced by silicon amendment against infestation by the leaf folder *Cnaphalocrocis medinalis*. *Plos One*, 11, 4, 1-14. DOI: 10.1371/journal.pone.0153918
- Hartley, S. E. & DeGabriel, J. L. (2016). The ecology of herbivore-induced silicon defences in grasses. *Functional Ecology*, 30, 1311-1322. DOI: 10.1111/1365-2435.12706
- Hentz, M. & Nuessly, G. (2004). Development, longevity, and fecundity of *Sipha flava* (Homoptera: Aphididae) feeding on *Sorghum bicolor*. *Environmental Entomology*, 33, 546-553. DOI: 10.1603/0046-225X-33.3.546
- Juma, G., Ahuya, P. O., Ong'amo, G., Le Ru, B., Magoma, G., Silvain, J. F. & Calatayud, P. A. (2015). Influence of plant silicon in *Busseola fusca* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae-Poaceae interactions. *Bulletin of Entomological Research*, 105, 253-258. DOI: 10.1017/S000748531500005X
- Kazemi, N., Khavari-Nejad, R. A., Fahimi, H., Saadatmand, S. & Nejad-Sattari, T. (2010). Effects of exogenous salicylic acid and nitric oxide on lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in leaves of *Brassica napus* L. under nickel stress. *Scientia Horticulture*, 126, 402-407. DOI: 10.1016/j.scienta.2010.07.037

- Korndorfer, A. P., Grisoto, E. & Vendramim, J. D. (2011). Induction of insect plant resistance to the spittlebug *Mahanarva fimbriolata* Stal (Hemiptera: Cercopidae) in sugarcane by silicon application. *Neotropical Entomology*, 40, 387-392.
- Krasylenko, Y. A., Yemets, A. I. & Blume, Y. B. (2010). Functional role of nitric oxide in plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, 57, 451-461.
- Kvedaras, O. L., An, M., Choi, Y. S. & Gurr, G. M. (2010). Silicon enhances natural enemy attraction and biological control through induced plant defences. *Bulletin of Entomological Research*, 100, 367-371. DOI: 10.1017/S0007485309990265
- Kvedaras, O. L., Keeping, M. G., Goebel, F. T. & Byrne, M. J. (2007). Water stress augments silicone-mediated resistance of susceptible sugarcane cultivars to the stalk borer *Eldana saccharina* (Lepidoptera: Pyralidae). *Bulletin of Entomological Research*, 97, 175-183. DOI: 10.1017/S0007485307004853
- Lara, F. M. (1991). Princípios de resistência de plantas a insetos. São Paulo: Ícone.
- Lattanzio, V., Lattanzio, V. M. T. & Cardinali, A. (2006). Role of phenolics in the resistance mechanisms of plants against fungal pathogens and insects. In: F. Imperato (Ed.), *Phytochemistry: Advances in Research* (pp. 23-67). Trivandrum, Kerala, India: Research Signpost.
- Leite, M. V., Auad, A. M., Resende, T. T., Frias, M. P., Fonseca, M. G. & Castro, R. J. C. (2014). Do salicylic acid, nitric oxide and feeding by *Mahanarva spectabilis* nymphs induce a resistance response in elephant grass? *Experimental Agriculture*, 50, 498-504. DOI: 10.1017/S0014479713000689
- Liu, J., Zhu, J., Zhang, P., Han, L., Reynolds, O. L., Zeng, R., Wu, J., Shao, Y., You, M. & Gurr, G. M. (2017). Silicon supplement alters the composition of herbivore induced plant volatiles and enhances attraction of parasitoids to infested rice plants. *Frontiers in Plant Science*, 19, 1-8. DOI: 10.3389/fpls.2017.01265
- Lófez, F., Cardona, C., Miles, J. W., Sotelo, G. & Montoya, J. (2009). Screening for resistance to adult spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) in *Brachiaria* spp.: Methods and categories of resistance. *Journal of Economic Entomology*, 102, 1309-1316. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/029.102.0358>
- Massey, F. P., Ennos, A. R. & Hartley, S. E. (2006). Silica in grasses as a defence against insect herbivores: contrasting effects on folivores and phloem feeder. *Journal of Animal Ecology*, 75, 595-603. DOI: 10.1111/j.1365-2656.2006.01082.x
- Massey, F. P., Ennos, A. R. & Hartley, S. E. (2007). Herbivore specific induction of silica-based plant defences. *Oecologia*, 152, 677-683. DOI: 10.1007/s00442-007-0703-5
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS. Retrieved from http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons

- Nascimento, A. M., Assis, F. A., Moraes, J. C. & Souza, B.H.S. (2017). Silicon application promotes rice growth and negatively affects development of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Journal of Applied Entomology*, 1-9. DOI: 10.1111/jen.12461
- Nutt, K. A., O'shea, M. G. & Allsopp, P. G. (2004). Feeding by sugarcane whitegrubs induces changes in the types and amounts of phenolics in the roots of sugarcane. *Environmental and Experimental Botany*, 51, 155-165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2003.09.004>
- Rani, U. & Jyothsna, Y. (2010). Biochemical and enzymatic changes in rice as a mechanism of defense. *Acta Physiologiae Plantarum*, 32, 695-701. DOI: 10.1007/s11738-009-0449-2
- Resende, T. T., Auad, A. M., Fonseca, M. G., Santos, T. H. & Vieira, T. M. (2012). Impact of the spittlebug *Mahanarva spectabilis* on signal grass. *The Scientific World Journal*, 2012, 1-6. DOI: 10.1100/2012/926715
- Resende, T. T., Auad, A. M., Fonseca, M. G., Souza Sobrinho, F., Santos, D. R. & Silva, S. E. B. (2013). The damage of *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) (Hemiptera: Cercopidae) adults on *Brachiaria ruziziensis* pasture. *The Scientific World Journal*, 2013, 1-6. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/281295>
- Reynolds, O. L., Padula, M. P., Zeng, R. & Gurr, G. M. (2016). Silicon: Potential to promote direct and indirect effects on plant defense against arthropod pests in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1-13. DOI: 10.3389/fpls.2016.00744
- Savant, N.K., Datnoff, L.E. & Snyder, G.H. (1997) Depletion of plant-available silicon in soils: A possible cause of declining rice yields. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 28, 1245-1252. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103629709369870>
- Silva, S. E. B., Auad, A. M., Moraes, J. C., Alvarenga, R., Claudino, S. S. & Resende, T. T. (2017). Biological performance and preference of *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae) for feeding on different forage plants. *Journal of Economic Entomology*, 110, 1877-1885. DOI: 10.1093/jee/tox180
- Silva, R. J. N., Guimarães, E. R., Garcia, J. F., Botelho, P. S. M., Ferro, M. I. T., Mutton, M. A., & Mutton, M. J. R. (2005). Infestation of froghopper nymphs changes the amounts of total phenolics in sugarcane. *Scientia Agricola*, 62, 543-546.
- Simaei, M., Khavari-Nejad, R.A., Saadatmand, S., Bernard, F. & Fahimi, H. (2011). Effects of salicylic acid and nitric oxide on antioxidant capacity and proline accumulation in *Glycine max* L. treated with NaCl salinity. *African Journal of Agricultural Research*, 6, 3775-3782. DOI: 10.5897/AJAR10.1088
- Valério, J. R. (2009). Cigarrinha-das-pastagens. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte.
- Valério, J. R. (2013). Manejo de insetos-praga. In R. A. Reis, T. F. Bernardes & G. R. Siqueira (Eds), Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros (pp. 317-331). Jaboticabal: Multipress.

- Valério, J. R. & Nakano, O. (1988). Locais de alimentação e distribuição vertical de adultos da cigarrinha *Zulia entreriana* (Berg, 1879) (Homoptera: Cercopidae) em plantas de *Brachiaria decumbens* Stapf. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 17, 519-529.
- Valério, J. R., Cardona, C., Peck, D. C. & Sotelo, G. (2001). Spittlebugs: Bioecology, host plant resistance and advances in IPM. In Proceedings 19th International, p. 214-221.
- War, A. R., Paulraj, M. G., War, M. Y. & Ignacimuthu, S. (2011). Role of salicylic acid in induction of plant defense system in chickpea (*Cicer arietinum* L.). (2011). *Plant Signaling & Behavior*, 6, 1787-1792. DOI: 10.4161/psb.6.11.17685
- Wu, X., Yu, Y., Baerson, S. R., Song, Y., Liang, G., Ding, C., Niu, J., Pan, Z. & Zeng, R. (2017). Interactions between nitrogen and silicone in rice and their effects on resistance toward the brown planthopper *Nilaparvata lugens*. *Frontiers in Plant Science*, 8, 28. DOI: 10.3389/fpls.2017.00028
- Yang, L., Han, Y., Li, P., Li, F., Ali, S. & Hou, M. (2017). Silicon amendment is involved in the induction of plant defense responses to a phloem feeder. *Scientific Reports*, 7, 1-9. DOI: 10.1038/s41598-017-04571-2
- Yang, L., Han, Y., Li, P., Wen, L. & Hou, M. (2017). Silicon amendment to rice plants impairs sucking behaviors and population growth in the phloem feeder *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae). *Scientific Reports*, 7, 1101. DOI: 10.1038/s41598-017-01060-4
- Ye, M., Song, Y., Long, J., Wang, R., Baerson, S. R., Pan, Z., Zhu-Salzman, K., Xie, J., Cai, K., Luo, S. & Zeng, R. (2013). Priming of jasmonate-mediated antiherbivore defense responses in rice by silicon. *Proceeding of the National Academy of Sciences*, 110, 3631-3639. DOI: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1305848110
- Zhao, L. Y., Chen, J. L., Cheng, D. F., Sun, J. R., Liu, Y. & Tain, Z. (2009). Biochemical and molecular characterizations of *Sitobion avenae*-induced wheat defense responses. *Crop Protection*, 28, 435-442. DOI: 10.1016/j.cropro.2009.01.005

Tabela 1. Resumo da ANOVA para os efeitos dos indutores e densidade de ninfas e adultos nas características fenotípicas de *B. ruzizensis*, *P. purpureum* e *Digitaria* sp.

Efeitos	Clorofila		Nota de dano		Matéria seca		Rebrota	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
NINFAS								
<i>B. ruzizensis</i>								
Indutores (I)	1.27	0.285	0.69	0.503	0.23	0.792	0.09	0.918
Densidade de insetos (D)	12.38**	<0.001	33.14**	<0.001	1.36	0.259	4.30*	0.007
I x D	0.34	0.914	0.58	0.748	1.85	0.096	0.61	0.719
<i>P. purpureum</i>								
Indutores (I)	0.33	0.721	4.64*	0.012	1.84	0.164	0.69	0.502
Densidade de insetos (D)	24.37**	<0.001	45.25**	<0.001	1.26	0.293	1.22	0.307
I x D	0.51	0.797	0.87	0.509	2.13	0.057	2.72*	0.017
<i>Digitaria</i> sp.								
Indutores (I)	1.10	0.335	1.60	0.207	1.33	0.268	0.59	0.557
Densidade de insetos (D)	38.36**	<0.001	26.07**	<0.001	0.16	0.996	3.98*	0.010
I x D	1.29	0.268	1.74	0.120	0.55	0.766	0.64	0.699
ADULTOS								
<i>B. ruzizensis</i>								
Indutores (I)	0.49	0.613	4.11*	0.023	2.00	0.147	1.99	0.149
Densidade de insetos (D)	34.01**	<0.001	68.77**	<0.001	17.98**	<0.001	0.62	0.434
I x D	1.23	0.301	1.32	0.280	1.82	0.174	0.02	0.981
<i>P. purpureum</i>								
Indutores (I)	1.45	0.245	0.33	0.721	1.65	0.203	3.76*	0.031
Densidade de insetos (D)	107.10**	<0.001	91.13**	<0.001	1.16	0.286	5.15*	0.028
I x D	0.83	0.443	0.33	0.721	0.68	0.509	0.77	0.470
<i>Digitaria</i> sp.								
Indutores (I)	1.64	0.206	0.48	0.622	0.50	0.609	1.32	0.277
Densidade de insetos (D)	108.31**	<0.001	84.87**	<0.001	5.29*	0.026	63.59**	<0.001
I x D	0.02	0.979	0.16	0.853	0.24	0.783	1.69	0.197

* $p < 0.05$; ** $p < 0.001$

Tabela 2. Média (\pm SE) dos parâmetros fisiológicos de *M. spectabilis* quando alimentada com *B. ruziziensis*, *P. purpureum* e *Digitaria* sp. e submetidas aos indutores.

Parâmetros	INDUTORES			Estatística	
	Silício	ON	Controle	<i>p</i>	<i>F</i>
Sobrevivência ninfal (%) ^{ns}	38.44 \pm 6.76	44.33 \pm 6.57	39.89 \pm 6.95	0.454	0.80
Longevidade de adultos (dias) ^{ns}	10.46 \pm 0.52	10.57 \pm 0.34	9.96 \pm 0.43	0.073	2.61
Fecundidade (No. de ovos) ^{ns}	31.13 \pm 8.89	45.21 \pm 5.34	38.92 \pm 7.67	0.380	0.96
Viabilidade de ovos (%) ^{ns}	48.63 \pm 8.77	40.67 \pm 4.03	31.04 \pm 5.99	0.528	0.64
Ovos inviáveis (%) ^{ns}	11.16 \pm 6.66	15.73 \pm 3.05	16.90 \pm 4.54	0.750	0.28
Ovos em diapausa (%) ^{ns}	40.48 \pm 8.88	43.35 \pm 4.07	46.86 \pm 6.05	0.762	0.27
Parâmetros	FORRAGEIRAS			Estatística	
	<i>B. ruziziensis</i>	<i>P. purpureum</i>	<i>Digitaria</i> sp.	<i>p</i>	<i>F</i>
Sobrevivência ninfal (%)	25.89 \pm 5.18 b	80.11 \pm 3.35 a	16.67 \pm 4.33 b	<0.001	56.17
Longevidade de adultos (dias)	8.14 \pm 0.44 c	12.93 \pm 0.23 a	9.93 \pm 0.58 b	<0.001	58.56
Fecundidade (No. de ovos)	20.03 \pm 7.30 b	73.04 \pm 3.43 a	22.18 \pm 10.07 b	<0.001	29.28

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

^{ns}= não significativo pelo teste de Tukey ($p < 0.05$)

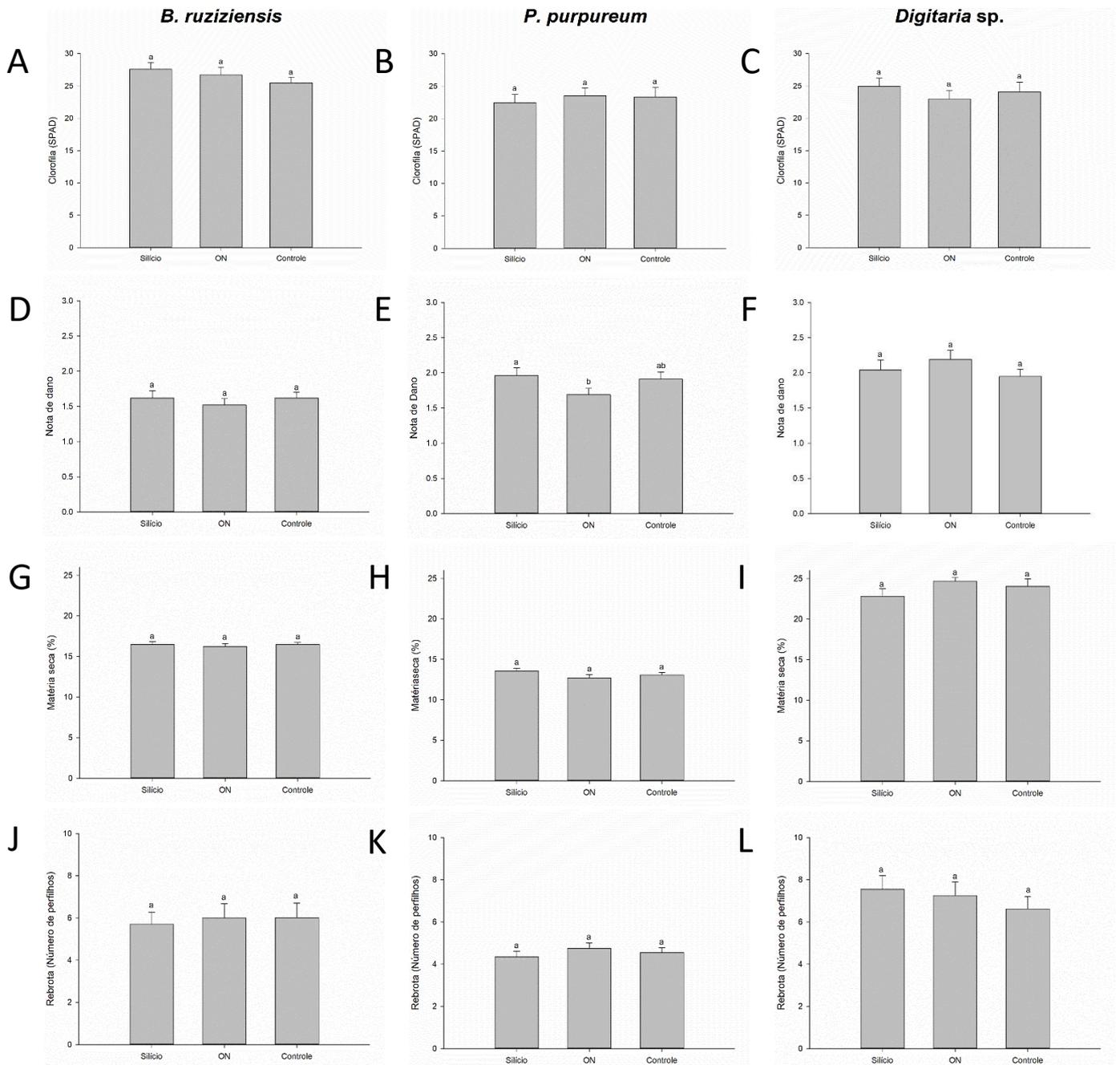


Figura 1. Média (\pm SE) das características vegetativas de *B. ruzizensis*, *P. purpureum* e *Digitaria sp.* submetidas aos indutores silício, óxido nítrico (ON) e controle (sem indutor) no ensaio sob ataque de ninfas. Barras com a mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0.05$).

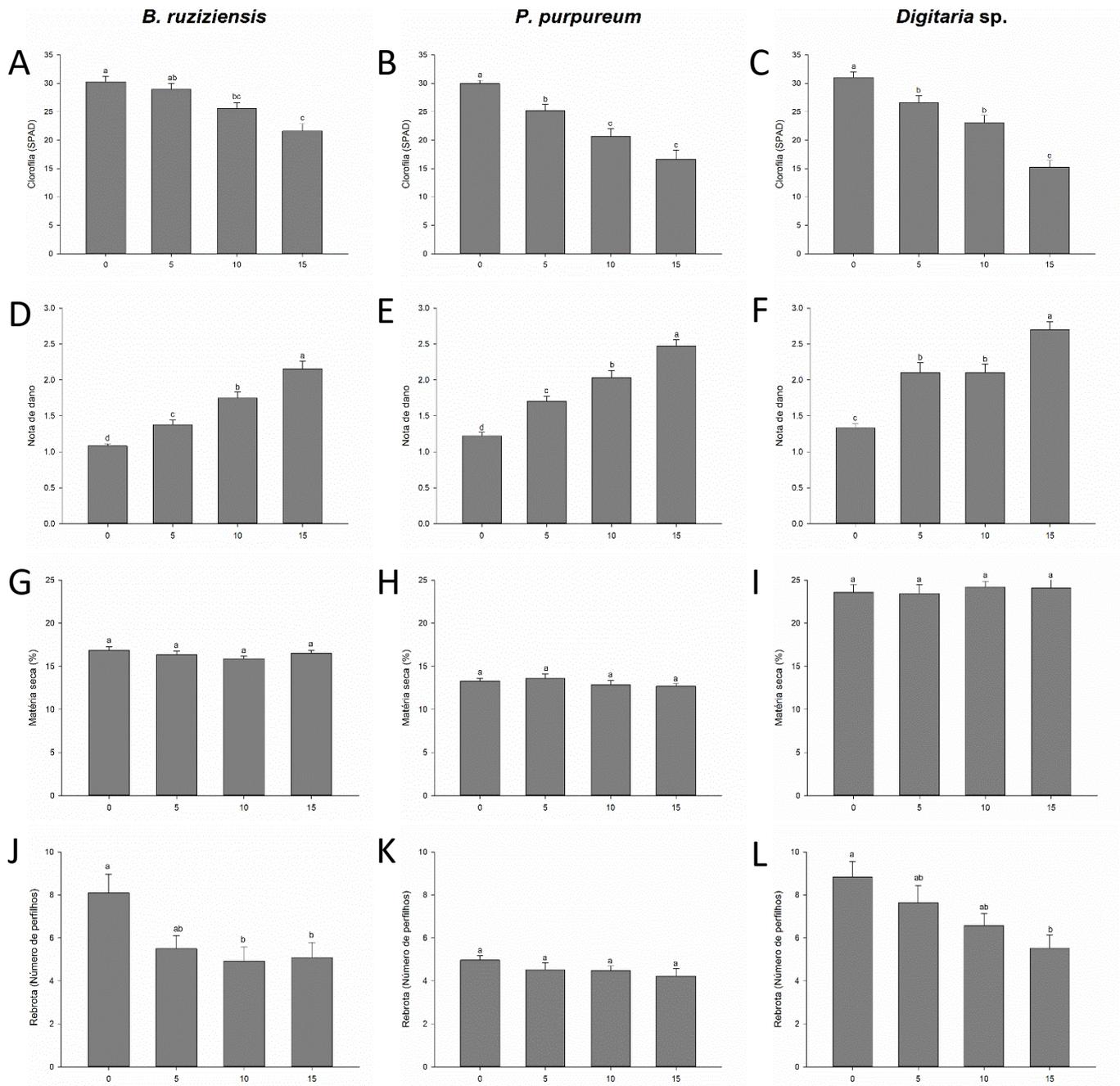


Figura 2. Média (\pm SE) das características vegetativas de *B. ruzizensis*, *P. purpureum* e *Digitaria sp.* submetidas ao ataque de 0, 5, 10 e 15 ninfas de *M. spectabilis*. Barras com a mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0.05$).

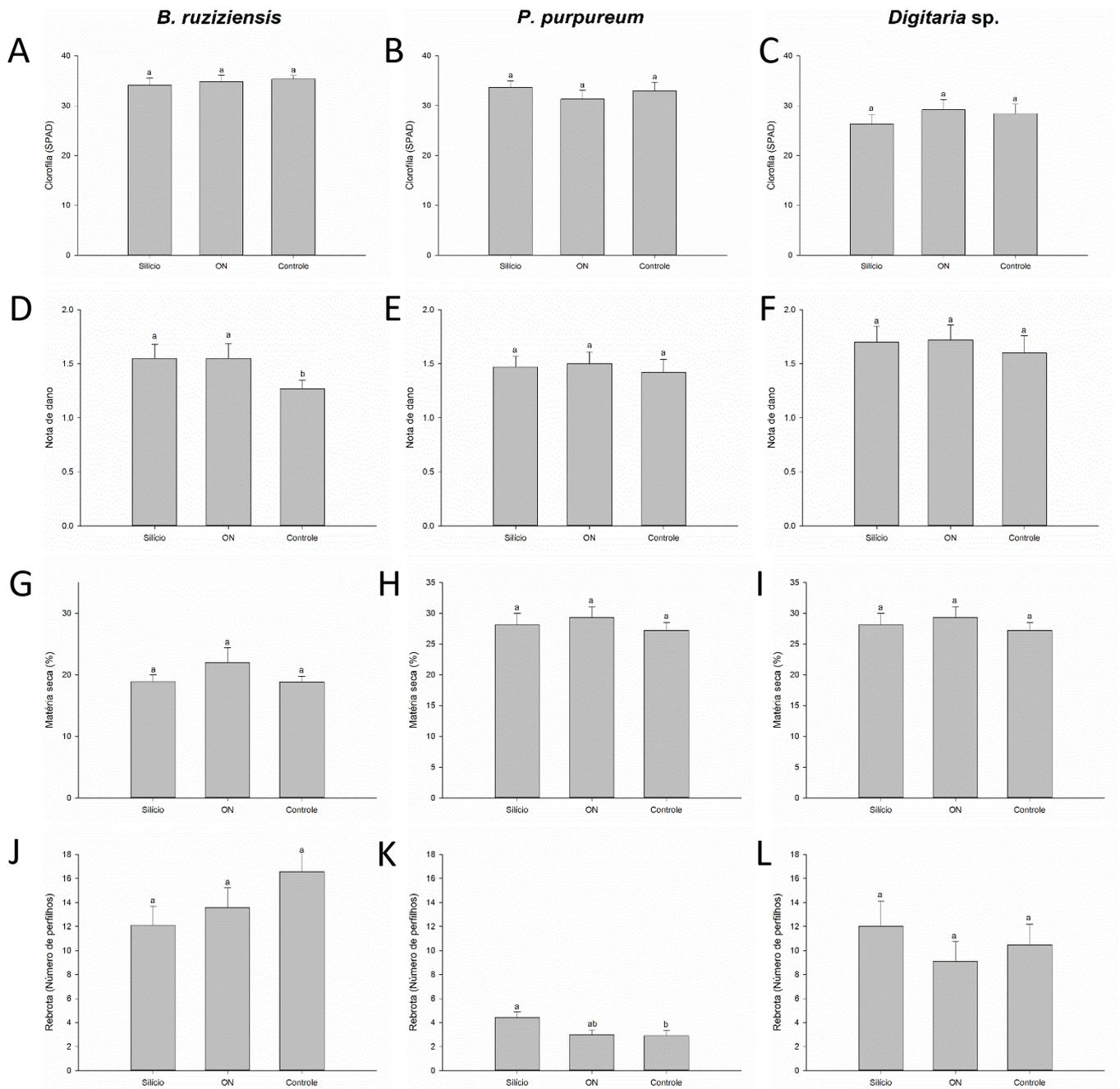


Figura 3. Média (\pm SE) das características vegetativas de *B. ruzizensis*, *P. purpureum* e *Digitaria sp.* submetidas aos indutores silício, óxido nítrico (ON) e controle (sem indutor) no ensaio sob ataque de adultos. Barras com a mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0.05$).

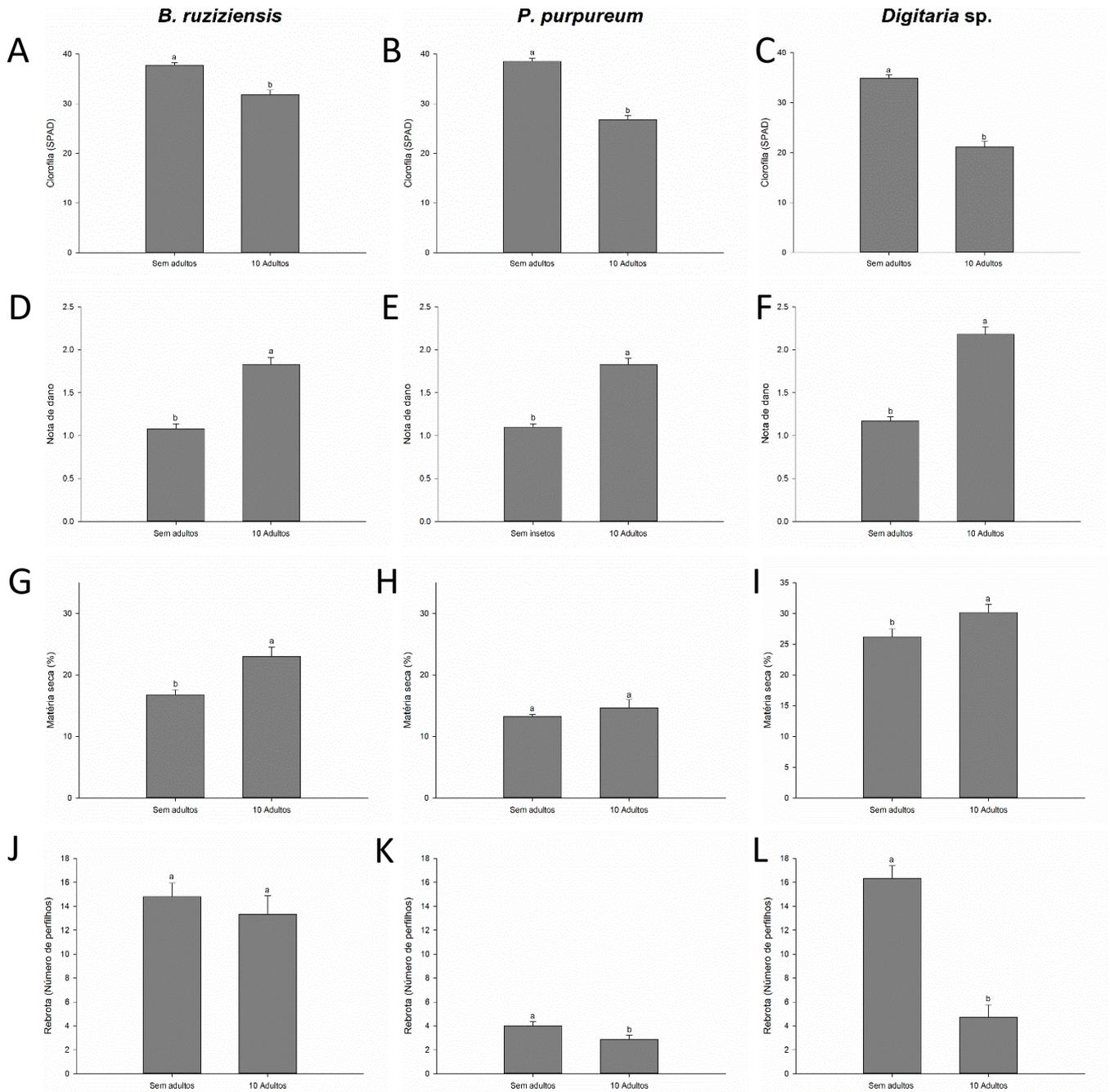


Figura 4. Média (\pm SE) das características vegetativas de *B. ruzizensis*, *P. purpureum* e *Digitaria sp.* submetidas ao ataque de 0 e 10 adultos de *M. spectabilis*. Barras com a mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0.05$).

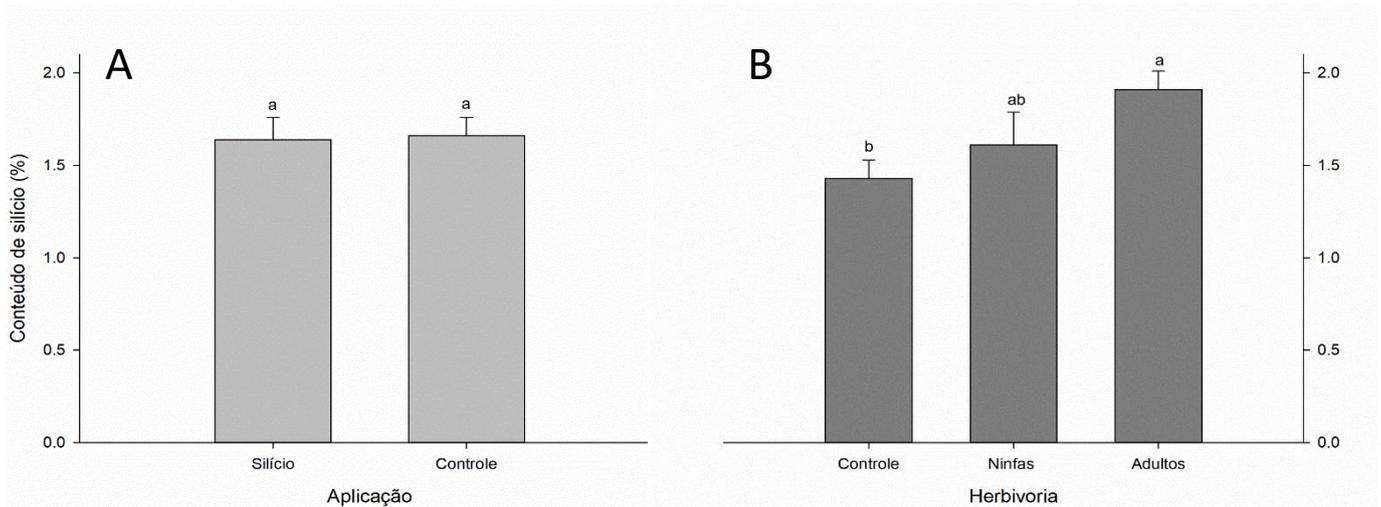


Figura 5. Média (\pm SE) do conteúdo de silício foliar (%) de todas as forrageiras (*B. ruziziensis*, *P. purpureum* e *Digitaria* sp.) submetidas à aplicação de silício e controle (sem indutor) e submetidas ao ataque de 15 ninfas, 10 adultos e nenhum inseto (Controle) de *M. spectabilis*. Barras com a mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0.05$).

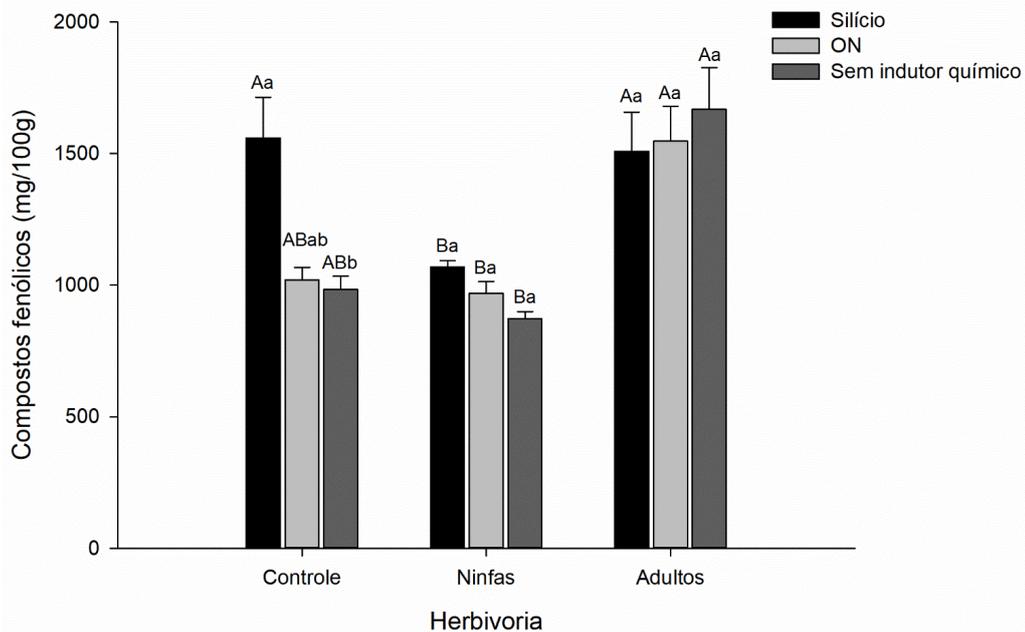


Figura 6. Média (\pm SE) do teor de compostos fenólicos (mg/100g) de todas as forrageiras (*B. ruziziensis*, *P. purpureum* e *Digitaria* sp.) submetidas à aplicação de silício, óxido nítrico (ON) e controle (sem indutor químico) e submetidas ao ataque de 15 ninfas, 10 adultos e nenhum inseto (Controle) de *M. spectabilis*. Barras seguidas pela mesma letra minúscula que compara o teor dentro do tipo de herbivoria; e barras seguidas pela letra maiúscula que compara o teor entre os indutores, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

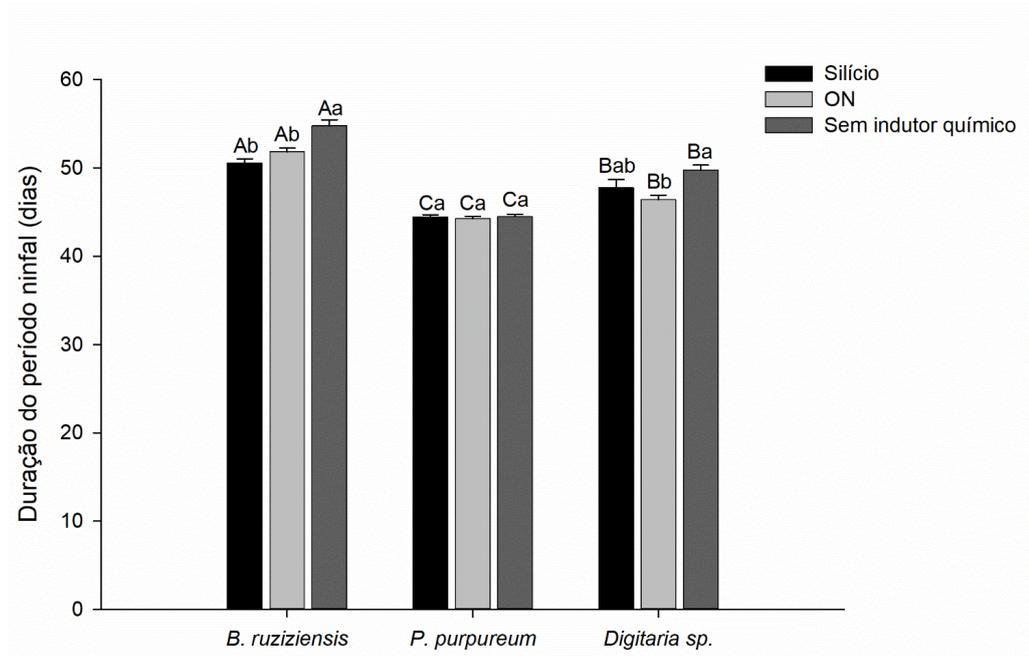


Figura 7. Média (\pm SE) da duração do período ninfal (dias) de *M. spectabilis* quando alimentada com *B. ruziziensis*, *P. purpureum* e *Digitaria sp.* e submetidas aos indutores. Barras seguidas pela mesma letra minúscula que compara dentro da espécie de forrageira; e barras seguidas pela letra maiúscula que compara entre os indutores, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).