

ADAPTABILIDADE E BIOLOGIA COMPARADA DE *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO E ESPÉCIES FORRAGEIRAS PERENES¹

Anderson José Crestani Trez²

Leandro do Prado Ribeiro³

RESUMO

Este estudo comparou o desenvolvimento da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em espécies forrageiras de diferentes gêneros (*Arachis*, *Axonophus* e *Cynodon*) em relação ao milho (hospedeiro preferencial), bem como sua adaptabilidade nessas espécies, que são as principais forrageiras cultivadas no sul do Brasil. O desempenho biológico de *S. frugiperda*, alimentada com as plantas hospedeiras estudadas, indicou um maior índice de adaptabilidade (IA) em milho (26,89), seguido pela grama-bermuda (22,02), sugerindo que essa é a espécie hospedeira alternativa mais adequada para o desenvolvimento de *S. frugiperda*. Em contrapartida, a grama-missioneira-gigante (18,80) e o amendoim forrageiro (13,81) apresentaram uma menor adequação, com índice de adaptabilidade relativa (IAR) de 69,93 e 51,35%, respectivamente, utilizando o milho como padrão de referência. A análise de agrupamento baseada na similaridade dos parâmetros químicos-bromatológicos mostrou que o milho possui uma composição mais rica do que as demais espécies forrageiras estudadas. A análise de correlação multivariada entre IA e composição química-bromatológica mostrou correlação positiva entre IA e teores de cinzas, extrato etéreo, potássio, fósforo e magnésio e, em menor grau, com teores de nitrogênio, proteína bruta e cobre. Neste contexto, a complexidade da composição do hospedeiro e o equilíbrio entre os componentes podem explicar o desempenho biológico de *S. frugiperda* em diferentes espécies hospedeiras. A diversificação de pastagens com grama-missioneira-gigante, ou especialmente com amendoim forrageiro, pode ser uma estratégia interessante para o manejo integrado da lagarta-do-cartucho em pastagens dentro de um contexto regional.

Palavras-chave: *Spodoptera frugiperda*. *Cynodon dactylon*. *Axonopus catharinensis*. *Arachis pintoii*. Resistência de plantas. Antibiose.

1 INTRODUÇÃO

Lagartas (Lepidoptera) são pragas potenciais de pastagens capazes de consumir rapidamente grandes áreas produtivas em todo o mundo (AUAD et al., 2016). Apesar de sua ocorrência sazonal, as lagartas apresentam grande voracidade, principalmente pela capacidade de raspar e consumir folhas, reduzindo a disponibilidade de forragem e a capacidade de suporte do pasto (RIBEIRO & CASTILHOS, 2018). Devido às condições climáticas favoráveis e ao grande número de espécies hospedeiras em sucessão, as perdas causadas pelo

¹ Pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

² UCEFF Faculdades. Acadêmico do Curso de Agronomia. E-mail: anderson.crestani@hotmail.com.

³ UCEFF Faculdades. Prof. Dr. em Entomologia. E-mail: leandroribeiro@uceff.edu.br.

ataque de lagartas têm aumentado nas últimas safras de verão no sul do Brasil e em outros lugares (MONTEZANO et al., 2019). O número limitado de ingredientes ativos de inseticidas registrados para controle de lagartas em pastagens no Brasil (AGROFIT, 2020), aliado à falta de conhecimento sobre os danos potenciais das principais espécies e dos níveis de resistência da forragem hospedeira, tem dificultado consideravelmente o estabelecimento de um programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP) para esses insetos-praga que seja aplicável à realidade da pecuária leiteira praticada na região.

Na literatura, duas espécies de lagartas pertencentes à família Noctuidae (Lepidoptera) são comumente relatadas como importantes pragas de pastagem em todo o mundo: a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) e o curuquerê-dos-capinzais *Mocis latipes* (Guenée) (MEAGHER et al., 2007). *S. frugiperda* é a espécie mais abundante no sul do Brasil, respondendo por mais de 95% das espécies de lagartas coletadas em pastagens perenes (RIBEIRO & CASTILHOS, 2018). Embora a polifagia seja uma de suas características (HAY-ROE et al., 2011; MONTEZANO et al., 2018; NAGOSHI et al., 2019), este lepidóptero-praga se destaca na América do Sul por sua importância no milho (*Zea mays* L.), causando perdas de produtividade variáveis entre 36 e 58%, dependendo das condições climáticas e do estágio de desenvolvimento das plantas atacadas (FIGUEIREDO et al., 2006; MENDES et al., 2011).

Existem pelo menos dois biótipos (milho e arroz) de *S. frugiperda* incidentes nos agroecossistemas brasileiros e, segundo Pashley (1986), a planta hospedeira da qual as larvas se alimentaram não influencia no genótipo dos sobreviventes. No entanto, Silva-Brandão et al. (2017) mostraram, com base na caracterização de RNA-Seq e análises de transcriptoma, que os parâmetros de desempenho individual (peso larval e pupal) de *S. frugiperda* variaram entre as condições (biótipos vs hospedeiros), sendo a metabolização de xenobióticos (p. ex.: compostos secundários de plantas) as principais funções envolvidas na variação fenotípica de biótipos de *S. frugiperda*.

Nos últimos anos, a severidade do ataque de pragas tem aumentado em várias áreas de pastagem, principalmente devido ao desequilíbrio biológico causado pela eliminação dos seus inimigos naturais, bem como ao aumento da exploração regional das culturas de que a espécie se alimenta (RIBEIRO & CASTILHOS, 2018). Nesse contexto, a grande disponibilidade de hospedeiros alternativos (353 espécies de plantas hospedeiras pertencentes a 76 famílias botânicas (MONTEZANO et al., 2018), incluindo importantes espécies cultivadas como milho, soja, arroz e diferentes forragens, é um dos principais fatores que afetam a dinâmica

populacional e abundância de *S. frugiperda*, intensificando os níveis de danos em diferentes sistemas de produção.

Em pastagens, o controle biológico e a resistência das plantas hospedeiras são consideradas as principais estratégias biorracionais de manejo de artrópodes-praga devido à significativa contribuição dessas técnicas no estabelecimento do equilíbrio ecológico e também pelos seus baixos custos de implementação (PEREIRA et al., 2008). Os programas clássicos de melhoramento visando resistência a insetos tiveram, no percurso da agricultura brasileira e de outros lugares, um impacto significativo na produção de alimentos e fibras e nas condições socioeconômicas onde os genótipos melhorados foram cultivados, bem como na sustentabilidade ambiental (SMITH, 2005; VENDRAMIM & GUZZO, 2012).

Recentemente, o papel da resistência da planta hospedeira na regulação de espécies de artrópodes-praga dentro de uma abordagem de MIP tem ganhado ênfase devido aos benefícios econômicos e ecológicos proporcionados por essa ferramenta de manejo (SMITH & CLEMENT, 2012; BALDIN et al., 2019). No entanto, pouco se sabe sobre os níveis de resistência das espécies forrageiras predominantemente cultivadas no sul do Brasil em relação às principais espécies de lagartas incidentes em pastagens. Além disso, os mecanismos de resistência disponíveis nas forrageiras hospedeiras resistentes não são bem compreendidos.

Diante deste contexto, o presente estudo teve como objetivo comparar o desenvolvimento de *S. frugiperda* em espécies forrageiras de diferentes gêneros (*Arachis*, *Axonophus* e *Cynodon*) em relação ao milho (hospedeiro preferencial), bem como sua adaptabilidade nessas espécies forrageiras, que são as principais forrageiras cultivadas e empregadas em sistemas de produção de leite/carne à base de pastagens no sul do Brasil. Além disso, também foi avaliada a relação entre o desempenho biológico de *S. frugiperda* e a composição química-bromatológica (matéria seca, proteína bruta, teor de fibra, cinzas, extrato etéreo (gorduras e ácidos graxos), nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, zinco, ferro e manganês). Tais informações irão auxiliar no planejamento forrageiro e no manejo adequado de *S. frugiperda* (principal espécie incidente em pastagens) em nível regional, reduzindo os impactos negativos dessa praga na produtividade das forrageiras e nos custos da pecuária.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PRINCIPAIS ESPÉCIES-PRAGA DE PASTAGENS NO BRASIL

Entre as principais espécies-praga incidentes em gramíneas (Poaceae) forrageiras no sul do Brasil estão o complexo de cigarrinhas-das-pastagens (Hemiptera: Cercopidae), as lagartas desfolhadoras (Lepidoptera: Noctuidae) e o percevejo-raspador (Hemiptera: Miridae), causando danos nas principais pastagens perenes estabelecidas na região (LOHMANN et al., 2010; CHIARADIA & POLETTO, 2012; CHIARADIA et al., 2013; RIBEIRO et al., 2016).

No Brasil, a proporção e a distribuição das espécies de cigarrinhas-das-pastagens são variáveis de acordo com o local e as condições climáticas predominantes, assim como o nível de resistência das plantas hospedeiras (BERTOLLO et al., 2007). Os sintomas do ataque é a redução do crescimento da gramínea, afetando a sua produção e qualidade. Valério e Nakano (1988) observaram, também, reduções significativas na produção de raízes, alertando para o fato de que esses insetos podem afetar a persistência da gramínea forrageira (VALÉRIO & NAKANO, 1987). As pastagens que são severamente atacadas pelas cigarrinhas podem apresentar qualidade inferior, como aumento no teor de fibra e reduções significativas na digestibilidade in vitro (VALÉRIO; NAKANO, 1989).

O percevejo *Collaria scenica* Stal (Hemiptera, Miridae) é um inseto nativo da região Neotropical, que compreende toda América Central e tem como plantas hospedeiras espécies de gramíneas (Poaceae) nativas e exóticas (SILVA et al., 1968). No sul do Brasil, é conhecido pelos nomes de percevejo-raspador, percevejo-do-capim, percequito e mosquito-das-pastagens (CARLESSI et al., 1999; SALVADORI et al., 2009).

Por sua vez, as lagartas têm diferentes fases de desenvolvimento. A duração de cada uma das fases depende das condições de temperatura e disponibilidade de alimento, principalmente na fase larval. A partir do segundo instar, *S. frugiperda* pode apresentar canibalismo (ÁVILA et al., 1997; GRÜTZMACHER et al., 2000). Possuem três pares de pernas torácicas e cinco pares de falsas pernas abdominais, sendo que a duração do seu período larval é, em média, de 23 dias. A lagarta recém eclodida mede cerca de 1,90 mm de comprimento no primeiro ínstar. No segundo ínstar, possui coloração esbranquiçada com sombreamento marrom no dorso, e o tamanho do corpo varia de 3,5 a 4,0 mm de comprimento (CRUZ, 1995). O terceiro instar é caracterizado por uma coloração marrom-clara no dorso e esverdeada na parte ventral, com linhas dorsais e subdorsais brancas, seu tamanho atinge 6,35 a 6,50 mm (CRUZ, 1995).

Nos últimos instares, a lagarta tem o corpo cilíndrico e de coloração marrom acinzentado no dorso, esverdeada na parte ventral e subventral, que apresenta manchas de coloração marrom-avermelhado. As linhas dorsais e subdorsais são notáveis e a frente da

cabeça é marcada com um Y invertido, embora essa característica não seja sempre evidente e seu corpo mede cerca de 35 mm (CRUZ, 1995).

Tal como as cigarrinhas-das-pastagens, ambas devem ser combatidas nas primeiras fases de desenvolvimento. Quanto maiores forem, atacam todas as folhas, podendo destruí-las totalmente (NG et al., 1987; ÁVILA et al., 1997; GRÜTZMACHER et al., 2000).

Ao término do período larval, as lagartas transformam-se em pupas, e apresentam coloração marrom ficando localizadas predominantemente no solo ou, eventualmente, sob restos vegetais ao nível do solo. Esta é uma informação importante quando se deseja implementar o controle químico deste inseto. Deve-se tomar o cuidado para não aplicar o produto quando a maior parte da população estiver na fase de pupa, uma vez que esta estará protegida sob o solo.

2.2 LAGARTAS DESFOLHADORAS: PRINCIPAIS ESPÉCIES E IMPACTOS NA PRODUTIVIDADE DOS PASTOS

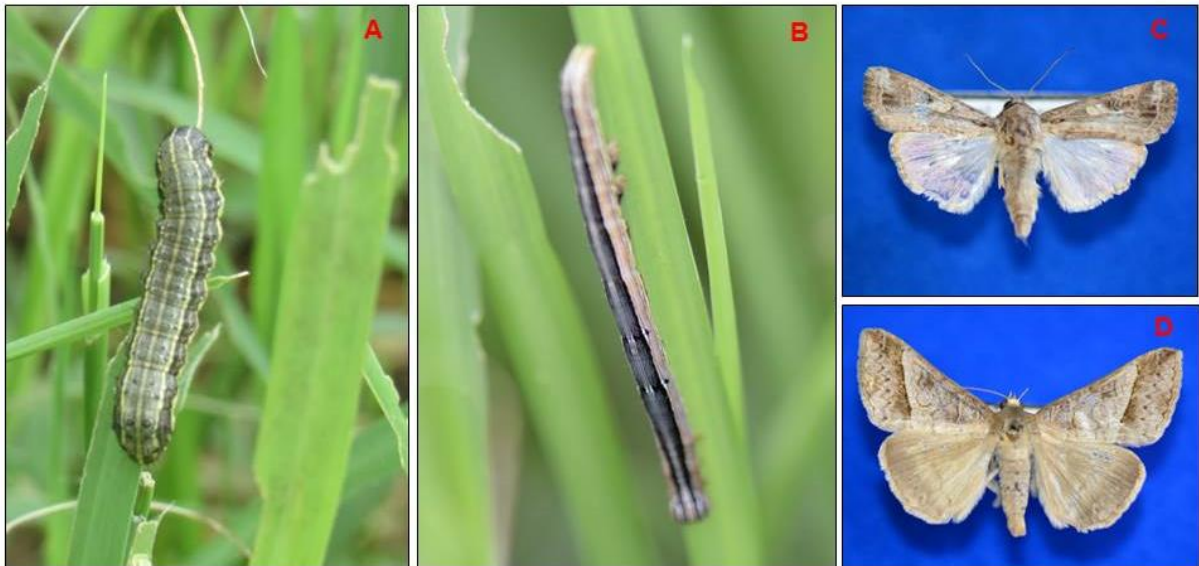
De acordo com Fragoso & Alcântara (2014), nos últimos anos a ocorrência de surtos de lagartas desfolhadoras em áreas de pastagens no sul do Brasil tem sido bastante frequente. Comumente encontradas em áreas de pastagens e em áreas com monocultura, as lagartas são consideradas pragas de grande importância. Porém, as modificações nos sistemas de produção, cultivo de safrinha, condições climáticas favoráveis e uso inadequado de defensivos, a lagarta desfolhadora tem aumentado sua importância como praga em pastagens. Por atingirem níveis populacionais elevados, causam sérios prejuízos aos sistemas de produção. Ribero & Castilho (2018) afirmaram que os danos causados pela lagarta desfolhadora podem ser diretos, ou seja, causam a redução da quantidade e qualidade produzida, ou indiretos, comprometendo a área fotossinteticamente ativa.

As lagartas são as fases jovens de mariposas e borboletas, que apresentam aparelho bucal do tipo mastigador durante essa fase de desenvolvimento, podendo durar cerca de algumas semanas. São bastante vorazes, consumindo as folhas até o período em que se alojam no solo e se transformam em pupas, de onde surgirão os adultos, tendo início uma próxima geração (FRAGOSO & ALCÂNTARA, 2014). Os autores acima citados ressaltam que várias espécies de lagartas podem ser encontradas em áreas de pastagens, mas as duas principais espécies que causam maiores prejuízos são: *S. frugiperda*, conhecida como lagarta-do-cartucho ou lagarta-militar, e *M. latipes*, popularmente conhecida como curuquerê-dos-capinzais (Figura 1). Elas têm capacidade de desfolhar totalmente extensas áreas de

pastagens, causando danos maiores em áreas de pastagens em formação, que requerem maior atenção.

As lagartas recém eclodidas raspam as folhas, onde se observa seus excrementos, que se acentuam nos períodos de seca. O potencial de danos provocados pela lagarta-do-cartucho pode ser considerado a média percentual dos danos causados pela praga, e depende do estágio em que a planta se encontra na ocasião do ataque. Assim, no início do desenvolvimento da cultura podem ter prejuízos que inviabilize o seu estabelecimento (AGROLINK, 2020).

Figura 1. Espécies de lagartas desfolhadoras comumente encontradas em gramíneas perenes de verão no sul do Brasil: A e C) lagarta e adulto de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) e; B e D) lagarta e adulto de *Mocis latipes* (Guenée) (ambas Lepidoptera: Noctuidae).



Fonte: Ribeiro & Castilhos (2018).

2.3 MANEJO INTEGRADO DE *spodoptera frugiperda* EM PASTAGENS

Fragoso & Alcântara (2014) citam que monitorar as lagartas em áreas de pastagens e em áreas de cultivos adjacentes é fundamental para optar quanto à adoção de medidas de controle. Além disso, os autores destacam que:

[...] o controle biológico realizado pelos inimigos naturais, como aves, insetos predadores e parasitoides, deve ser favorecido em condições de campo. O controle mecânico por meio do uso de roçadeiras ou rolo-faca pode ajudar a controlar os surtos pela destruição e morte de lagartas, além de contribuir para a maior exposição das lagartas a inimigos naturais, principalmente pássaros (FRAGOSO & ALCÂNTARA, 2014, p. 02).

Nesse sentido, os referidos autores recomendam evitar o uso de inseticidas, devido aos efeitos negativos sobre inimigos naturais e por sua toxicidade, o que obriga realizar a retirada dos animais por um determinado período de tempo de forma a evitar a contaminação da carne e do leite. Ainda, há o risco de contaminação de rios e córregos por resíduos carregados pelas águas das chuvas.

Valicente (2015, *apud* PAIVA, 2016) ressalta que o manejo integrado de pragas (MIP) é fundamental para minimizar o uso de agrotóxicos e reduzir as populações de insetos pragas. Sua base consiste em monitorar os insetos presentes na cultura, identificar as pragas e seus inimigos naturais, e a frequência desses organismos na cultura. Por meio desse monitoramento é possível obter informações importantes que levarão à escolha dos melhores métodos de controle para a lagarta-do-cartucho.

Conforme Fragoso & Alcântara (2014), havendo a necessidade de uso do controle químico, deve-se realizar aplicações apenas nas áreas com infestações, priorizando a utilização de produtos biológicos, como aqueles à base de *Bacillus thuringiensis* (Dipel[®], Thuricide[®]). Essa aplicação de inseticida biológico deve, ainda, ser feita com as lagartas nos primeiros estágios de desenvolvimentos, uma vez que os cristais do bioinseticida necessitam ser ingeridos para depois provocar o seu efeito tóxico e, assim, exercer o controle efetivo das lagartas.

Outra forma de controle a ser considerado diz respeito ao uso de variedades com maior produção de massa e tolerantes à desfolha por lagartas. Cabe lembrar que plantas bem nutridas e vigorosas toleram mais o ataque de insetos (FRAGOSO & ALCÂNTARA, 2014).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 INSETOS TESTADOS: ORIGEM E MANUTENÇÃO DA POPULAÇÃO EM LABORATÓRIO

Os exemplares de *S. frugiperda* utilizados nos bioensaios foram obtidos de uma população estabelecida a partir de indivíduos coletados em áreas de pastagem na região de Chapecó, SC, Brasil. Nesta região, a paisagem agrícola é composta majoritariamente por pequenas propriedades, tendo entre as principais culturas, soja, milho e pastagens, em áreas aproximadamente equivalentes (Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina, 2018-2019).

Antes de seu uso nos bioensaios, a população foi multiplicada em laboratório por pelo menos cinco gerações para evitar o condicionamento pré-imaginal (princípio de Hopkins). Em

condições controladas (26 ± 2 °C, UR $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14L: 10D h), as lagartas foram mantidas em meio artificial proposto por Kasten-Júnior et al. (1978) e os adultos alimentados com solução de mel a 10% (v v⁻¹).

3.2 ESPÉCIES DE FORRAGEIRAS AVALIADAS

As plantas utilizadas nos ensaios (forrageiras e milho) foram cultivadas na área experimental da Epagri/Cepaf, em Chapecó, Santa Catarina, Brasil (27°05'19 "S; 52°38'13" W; elevação: 658 m). Todos os manejos culturais seguiram as recomendações da pesquisa, exceto a aplicação de inseticidas (não realizada durante todo o período experimental). Durante os bioensaios, foram utilizadas apenas folhas novas coletadas do dossel superior das plantas (local de alimentação preferencial das lagartas de *S. frugiperda*). Além disso, utilizou-se plantas de milho cultivadas no período crítico de incidência de *S. frugiperda* (V3-V6) e forrageiras em estágio de rebrota (15-20 cm de altura).

3.3 BIOENSAIOS

O desenvolvimento de *S. frugiperda* foi avaliado em duas espécies de gramíneas forrageiras [grama-missioneira-gigante (*Axonopus catharinensis*) e grama-bermuda (*Cynodon dactylon* cv. Tifton 85)] e uma leguminosa de verão [amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte)] em comparação ao milho (*Zea mays* cv. SCS 155 Catarina). Essas espécies foram selecionadas com base em relatos prévios de ataque de lagartas e seu amplo uso na bovinocultura no sul do Brasil (JOCHIMS et al., 2017).

Para tanto, 150 lagartas recém-eclodidas (> 24 horas) foram utilizadas por tratamento [divididas em seis repetições ($n = 25 \times 6 = 150$)], oriundas da população mantida em laboratório. Frascos de vidro (8,5 × 2,5 cm) contendo pedaços de folhas (*ad libitum*) dos hospedeiros testados (forragem e milho) foram infestados com uma lagarta (individualmente) e tampados com algodão hidrófugo. Antes da alimentação das lagartas, as folhas coletadas foram desinfetadas com solução de hipoclorito de sódio (0,5%, v v⁻¹) por um minuto, seguido de três lavagens em água destilada para eliminação de entomopatógenos que poderiam contaminar as lagartas. As folhas das plantas hospedeiras foram substituídas diariamente e as unidades experimentais (tubos) foram mantidas em sala climatizada (temperatura 25 ± 2 °C, UR $60 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14L: 10D h), descrito por Ribeiro et al. (2016).

As avaliações foram realizadas diariamente até a emergência dos adultos. A viabilidade e duração das fases larval e pupal e o peso pupal (mg) após 24 h foram quantificados conforme procedimento descrito por Ribeiro et al. (2016).

3.4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA-BROMATOLÓGICA

A composição química-bromatológica das espécies estudadas foi determinada de acordo com o método de Weende proposto por Hennemberg (1864). Esse método subdivide, em primeiro lugar, o material vegetal em água e matéria seca, que inclui matéria orgânica e minerais (cinzas). A matéria orgânica contém compostos nitrogenados, representados pelas proteínas, e compostos não nitrogenados, subdivididos em extrato etéreo e carboidratos. Os carboidratos possuem a fração de fibras e extratos não nitrogenados (CECCHI, 2007).

A matéria seca foi determinada por meio da secagem do material vegetal em estufa com ventilação forçada de ar a 65 °C até peso constante (~ 5 dias). Em seguida, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey de 1,5 mm e as variáveis da matéria mineral foram determinadas de acordo com o método de Detmann & Valadares. (2012). Além disso, a fibra bruta foi determinada de acordo com o método AOAC 962.09 (1990), enquanto o extrato etéreo foi determinado em um aparelho ANKON XT 10, adaptado do método AOAC 920.39 (1990). As amostras moídas também foram digeridas pela ação do peróxido de hidrogênio e do ácido sulfúrico quente, submetidas à alta temperatura. O extrato digerido foi utilizado para determinar os macronutrientes fósforo (colorimetria), potássio (fotometria de chama) e nitrogênio orgânico total (destilação Kjeldahl), de acordo com os métodos descritos por Tedesco et al. (1995). Do nitrogênio orgânico total, o teor de proteína bruta foi obtido utilizando-se 6,25 como fator de conversão, de acordo com o método 954,01 (AOAC, 1990). Os micronutrientes foram analisados após a digestão nitroperclórica (SARRUGE & HAAG, 1974) das amostras secas e moídas. Os teores de cálcio, magnésio, cobre, zinco, ferro e manganês foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica (Analytical Model Jena ContrAA 700), conforme instruções descritas em Silva (2009). Todas as determinações foram realizadas em triplicatas para cada repetição.

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

Modelos lineares generalizados (GLM) pertencentes à família exponencial de distribuições (NELDER & WEDDERBURN, 1972) foram utilizados para análise dos dados obtidos, sendo a verificação da qualidade do ajuste realizada através do gráfico meio-normal de probabilidades com envelope de simulação (HINDE & DEMÉTRIO, 1998). Quando foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos, comparações múltiplas (teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$) foram realizadas utilizando a função *glht* do pacote *Multcomp*, com ajuste dos valores de p .

As curvas de sobrevivência larval de *S. frugiperda* nos diferentes hospedeiros foram analisadas pelo método de Kaplan-Meier, sendo utilizado o teste de log-rank para comparação dos grupos (tratamentos). Além disso, as curvas de sobrevivência também foram comparadas pelo modelo semiparamétrico de Cox. (COX, 1972) usando milho como padrão de referência (hospedeiro preferido).

Os dados foram também submetidos à análise de agrupamento após o cálculo da distância Euclidiana, utilizando o método da média como estratégia de agrupamento. Além disso, a análise de componentes principais e apresentação em um gráfico Biplot foram aplicadas. No Biplot, as setas representam as variáveis medidas e os pontos representam as espécies avaliadas. As análises de agrupamento e componentes principais foram realizadas com as variáveis padronizadas. A análise de agrupamento seguida pela análise Biplot tem sido referida como análise padrão. Ambas as análises não são métodos concorrentes, mas duas etapas sucessivas em direção a um entendimento completo de um conjunto de dados multivariados (YAN & FALK, 2002). Todas as análises foram realizadas por meio do software estatístico "R", versão 2.15.1 (R CORE TEAM, 2017).

Para estimar a adaptação de *S. frugiperda* aos diferentes hospedeiros, foram utilizados o índice de adaptação (IA) e o índice de adaptação relativa (IAR), ambos propostos por Boregas et al. (2013). O índice de adaptação (IA) considera $IA = (\text{sobrevivência larval} \times \text{biomassa pupal}) / \text{duração larval}$, enquanto o índice de adaptação relativa (IAR) é calculado por $IAR = 100 \times (IA_h) / (IA_m)$, onde IA_h = índice de adaptação de *S. frugiperda* no hospedeiro em questão e IA_m = índice de adaptação de *S. frugiperda* no milho usado como referência.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESENVOLVIMENTO DE *spodoptera frugiperda* EM MILHO E ESPÉCIES FORRAGEIRAS

Lagartas de *S. frugiperda* alimentadas durante todo o estágio larval com quatro espécies de plantas não mostraram diferença na viabilidade do estágio larval (GLM com distribuição quasi-binomial: $F_{3, 20} = 1,1726$; $p = 0,345$) (Tabela 1). O teste de log-rank também não mostrou diferença ($\chi^2 = 1,4$, $df = 3$, $p = 0,704$) entre as curvas de sobrevivência de *S. frugiperda* expostas a diferentes tratamentos durante o estágio larval (Figura 2). Além disso, o modelo semiparamétrico de COX. (COX, .1972), usando o milho como referência para comparação, também não apresentou diferenças significativas (Amendoim forrageiro: $\exp(\text{coef}) = 1,028$; Grama-gigante-missionária: $\exp(\text{coef}) = 0,8917$; Grama-bermuda: $\exp(\text{coef}) = 1,101$) nas curvas de sobrevivência estimadas de larvas expostas as três espécies forrageiras em comparação ao milho (hospedeiro preferencial) (Figura 2).

No entanto, houve um aumento significativo (GLM com distribuição Gaussiana: $F_{3, 20} = 50,189$; $p < 0,0001$) na duração do estágio larval de insetos expostos às três espécies forrageiras perenes, com aumento variável entre 3,4 e 8,6 dias em comparação ao milho (Tabela 1).

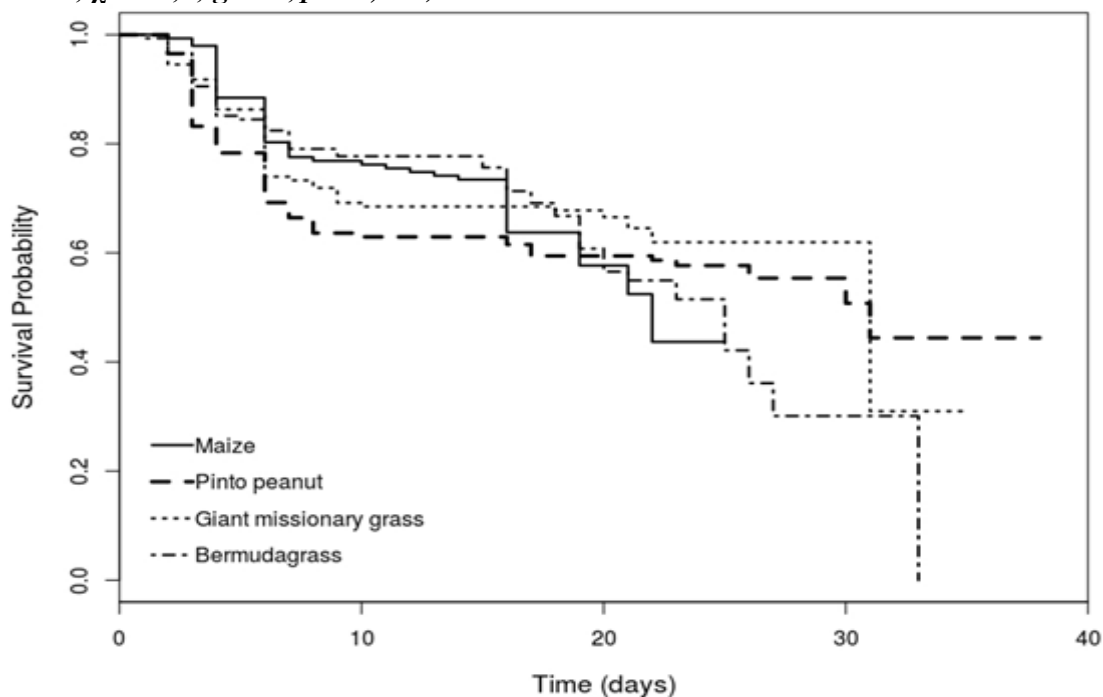
Tabela 1. Médias (\pm erro padrão) da viabilidade e duração da fase larval e pupal de *Spodoptera frugiperda* alimentada na fase larval com diferentes espécies forrageiras em relação ao milho

Plantas hospedeiras	Estágio larval		Estágio pupal	
	Viabilidade (%) ¹	Duração (dias) ²	Viabilidade (%) ¹	Duração (dias) ²
Milho (<i>Zea mays</i> cv. SCS 155 Catarina)	66,64 \pm 5,28	16,19 \pm 0,21 c	85,39 \pm 3,89 ab	10,76 \pm 0,07
Gramma-bermuda (<i>Cynodon dactylon</i> cv. Tifton 85)	68,53 \pm 3,55	19,60 \pm 0,56 b	74,77 \pm 4,59 b	10,48 \pm 0,07
Gramma-missioneira-gigante (<i>Axonopus catharinensis</i> cv. SCS 315 Catarina Gigante)	65,31 \pm 4,28	20,45 \pm 0,29 b	93,88 \pm 2,50 a	10,77 \pm 0,06
Amendoim forrageiro (<i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte)	56,84 \pm 6,34	24,79 \pm 0,74 a	90,57 \pm 3,06 ab	10,52 \pm 0,16
F	1,1726 ^{ns}	50,189	4,9988	2,2295 ^{ns}
Gl	3,20	3,20	3,20	3,20
Valor de <i>p</i>	0,345	<0,0001	0,0095	0,1162

¹Médias seguidas de letras diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre os tratamentos (GLM com distribuição quase-binomial seguida por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$);

²Médias seguidas de letras diferentes, nas colunas, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (GLM com distribuição Gaussiana seguida por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$).

Figura 2. Curva de sobrevivência estimada (Kaplan-Meier) de *Spodoptera frugiperda* alimentada com diferentes espécies hospedeiras durante seu estágio larval (teste Log-rank, $\chi^2 = 1,4$, gl = 3, $p = 0,704$)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

A viabilidade da fase pupal de *S. frugiperda* foi afetada pela dieta oferecida durante a sua fase larval (GLM com distribuição quasi-binomial: $F_{3, 20} = 4,9988$, $p = 0,0095$), sendo a maior viabilidade observada no grupo de indivíduos alimentados com grama-missioneira-gigante sem, contudo, diferir do milho e do amendoim forrageiro (Tabela 1). No entanto, a duração da fase pupal não foi afetada pelos tratamentos (GLM com distribuição Gaussiana: $F_{3, 20} = 2,2295$, $p = 0,1162$).

Pupas de lagartas alimentadas com grama-missioneira-gigante e amendoim forrageiro apresentaram pesos significativamente maiores do que aquelas alimentadas com milho (GLM com distribuição Gaussiana: $F_{3, 20} = 5,4249$, $p = 0,0067$), mas sem diferença das pupas de lagartas alimentadas com grama-bermuda durante seu estágio larval (Tabela 2). No entanto, a razão sexual dos adultos emergidos não foi alterada significativamente em função dos tratamentos (GLM com distribuição quase-binomial: $F_{3, 20} = 2,5643$; $p = 0,0834$) (Tabela 2).

Tabela 2. Médias (\pm erro padrão) do peso pupal, razão sexual, índice de adaptabilidade (AI) e índice de adaptabilidade relativa (IAR) de *Spodoptera frugiperda* alimentada durante a fase larval com diferentes espécies forrageiras em relação ao milho

Plantas hospedeiras	Peso de pupas (mg) ¹	Razão sexual (%) ²	IA ^{1*}	IA R (%) [*]
Milho (<i>Zea mays</i> cv. SCS 155 Catarina)	153,36 \pm 3,88 b	0,47 \pm 0,04	26,89 \pm 2,10 a	--
Gramma-bermuda (<i>Cynodon dactylon</i> cv. Tifton 85)	160,08 \pm 3,17 ab	0,56 \pm 0,04	22,02 \pm 1,66 ab	81, 92
Gramma-missioneira-gigante (<i>Axonophus catharinensis</i> cv. SCS 315 Catarina Gigante)	170,76 \pm 3,14 a	0,46 \pm 0,05	18,80 \pm 1,43 bc	69, 93
Amendoim forrageiro (<i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte)	167,32 \pm 3,05 a	0,38 \pm 0,05	13,81 \pm 1,64 c	51, 35
F	5,4249	2,5643 ^{ns}	10,182	--
GI	3, 20	3, 20	3, 20	--
Valor de p	0,0067	0,0834	0,00027	--

¹Médias seguidas de letras diferentes, nas colunas, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (GLM com distribuição Gaussiana seguida por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$);

²Médias seguidas de letras diferentes, nas colunas, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (GLM com distribuição quase-binomial seguido por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$);

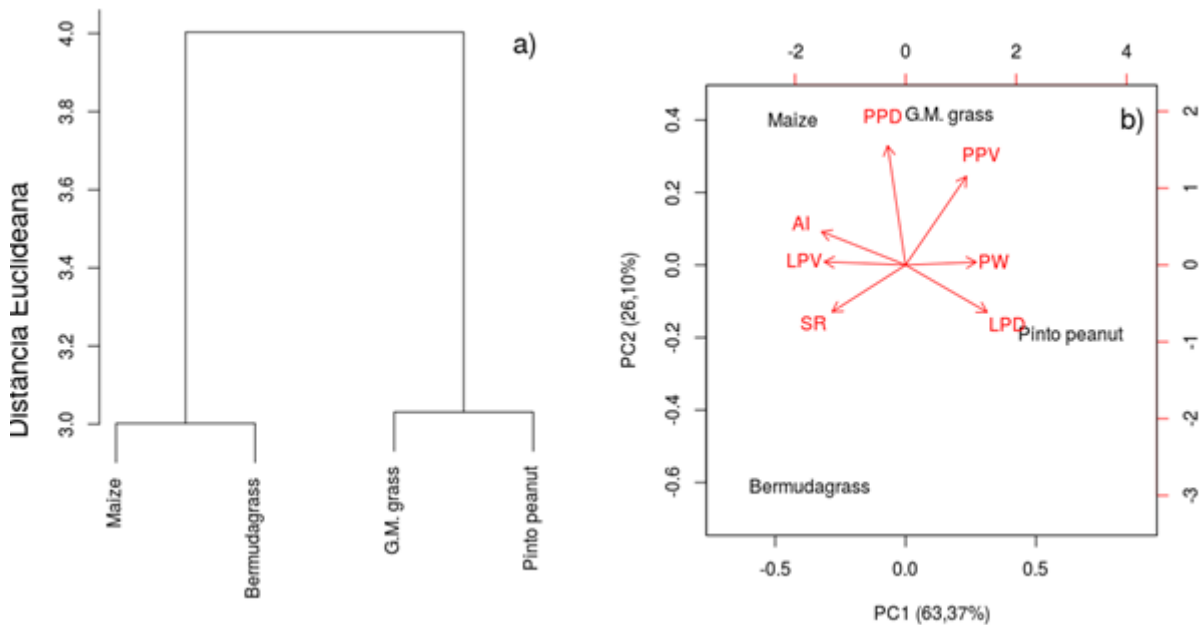
ns: não significativo;

* AI: índice de adaptabilidade e IAR (%): índice de adaptabilidade relativa (milho como padrão), ambos calculados de acordo com Boregas et al. (2013).

O efeito combinado dos parâmetros biológicos pode ser observado pelo índice de adaptação (AI) e índice de adaptação relativa (IAR), considerando o milho como hospedeiro preferencial (Tabela 2). O maior IA foi observado no milho (26,89), seguido da grama-bermuda (22,02). Em contrapartida, a grama-missioneira-gigante (18,80) e o amendoim

forrageiro (13,81) apresentaram menor adequação, com IAR de 69,93 e 51,35%, respectivamente, considerando o milho como padrão (Tabela 2). A análise multivariada considerando todas as variáveis de desenvolvimento de *S. frugiperda* mostrou alta similaridade entre o desenvolvimento de lagartas alimentadas com milho e grama-bermuda (Figura 3), corroborando os resultados anteriores. Além disso, análise de componentes principais (PCA) mostrou que o IA foi positivamente correlacionado com a viabilidade do estágio larval e, em menor grau, com a proporção sexual (Figura 3). Por outro lado, o IA foi inversamente correlacionado com o peso pupal e a duração do estágio larval (Figura 3).

Figura 3 – Gráficos A e B



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Na Figura 3 - a) Dendrograma obtido a partir da análise de agrupamento com base na similaridade das variáveis do desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com diferentes espécies hospedeiras durante o estágio larval [distância Euclidiana média como medida de dissimilaridade e método da média como estratégia de agrupamento]; b) Análise de componentes principais entre as variáveis do desenvolvimento de *S. frugiperda* em diferentes espécies hospedeiras. Nota: LPV = viabilidade do estágio larval; SR = proporção sexual; PPV = viabilidade do estágio pupal; PW = peso pupal; LPD = duração do estágio larval; PPD = duração do estágio pupal; AI = índice de adaptação.

4.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA-BROMATOLÓGICA DAS ESPÉCIES DE PLANTAS ESTUDADAS

A análise da composição química-bromatológica mostrou grande diferença entre as espécies vegetais estudadas de acordo com a variável analisada (Tabelas 3 e 4). Apesar do menor teor de matéria seca (9,73%), em comparação com outras espécies vegetais, o milho apresentou os maiores teores de cinzas (10,45%), proteína (24,52%) e extrato etéreo (6,04%), além de menor teor de fibra bruta (10,66%), que não diferiu do nível de fibra bruta observada na grama-missioneira-gigante e no amendoim forrageiro (Tabela 3). Além disso, o milho também apresentou teores maiores dos macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e também dos micronutrientes cobre e manganês (Tabela 3).

Tabela 3. Médias (\pm erro padrão) de teor de matéria seca, cinzas, proteína, fibra bruta e extrato etéreo nas diferentes espécies vegetais estudadas

Plantas hospedeiras	Matéria seca (%)	Cinzas (%)	Proteína (%)	Fibra bruta (%)	Extrato etéreo (%)
Milho (<i>Zea mays</i> cv. SCS 155 Catarina)	9,73 \pm 0,09 c	10,45 \pm 0,08 a	24,52 \pm 0,76 a	10,66 \pm 0,62 b	6,04 \pm 0,19 a
Grama-bermuda (<i>Cynodon dactylon</i> cv. Tifton 85)	18,55 \pm 0,33 a	9,99 \pm 0,07 b	20,28 \pm 0,96 b	19,39 \pm 3,22 a	2,87 \pm 0,14 b
Grama-missioneira (<i>Axonophus catharinensis</i> cv. SCS 315 Catarina Gigante)	16,45 \pm 0,27 b	7,93 \pm 0,22 c	16,55 \pm 0,40 c	10,62 \pm 0,49 b	0,95 \pm 0,04 c
Amendoim forrageiro (<i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte)	18,85 \pm 0,18 a	8,09 \pm 0,07 c	21,27 \pm 0,22 b	11,17 \pm 0,87 b	1,18 \pm 0,04 c
F	327,04	106,72	25,032	6,2709	367,83
GI	3, 20	3, 32	3, 32	3, 20	3, 20
Valor de <i>p</i>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0035	<0,0001

¹Médias seguidas de letras diferentes em uma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos (GLM com distribuição Gaussiana seguida de teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$).

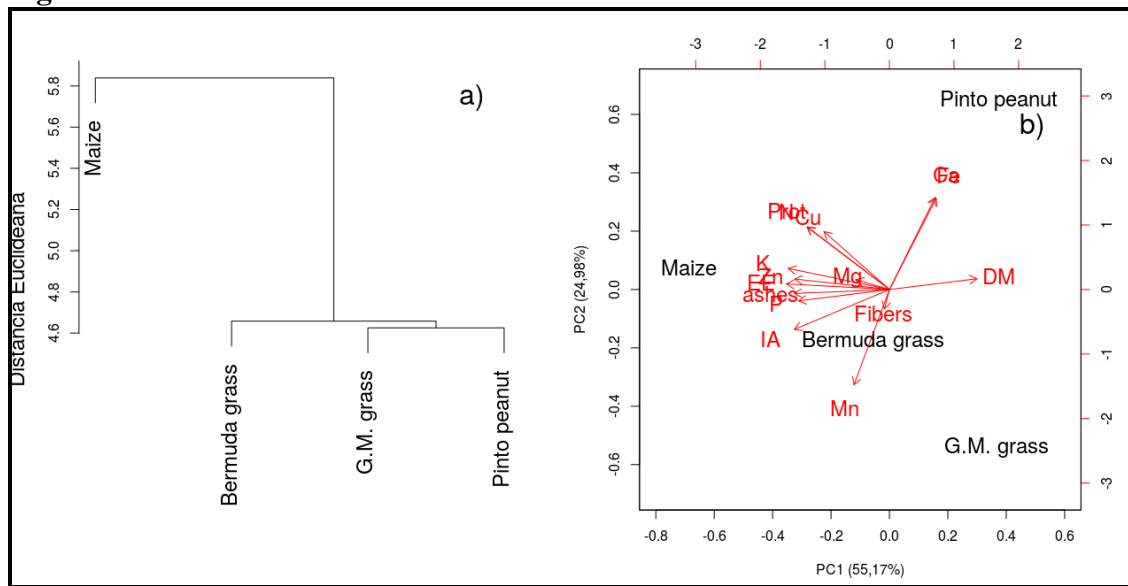
Tabela 4. Médias (\pm erro padrão) dos níveis de macro e micronutrientes nas diferentes espécies de plantas estudadas

Plantas hospedeiras	Macronutrientes					Micronutrientes			
	Nitrogênio (%)	Fosfóforo (%)	Potássio (%)	Cálcio (%)	Magnésio (%)	Cobre (ppm)	Zinco (ppm)	Ferro (ppm)	Manganês (ppm)
Milho (<i>Zea mays</i> cv. SCS 155 Catarina)	3,92 \pm 0,12 a	0,51 \pm 0,01 a	3,37 \pm 0,11 a	0,92 \pm 0,01 c	0,60 \pm 0,01 a	16,32 \pm 1,38 a	39,09 \pm 1,21 b	153,10 \pm 1,08 bc	51,94 \pm 1,07 a
Gramma-bermuda (<i>Cynodon dactylon</i> cv. Tifton 85)	3,25 \pm 0,15 c	0,50 \pm 0,02 ab	2,41 \pm 0,10 b	0,99 \pm 0,03 b	0,31 \pm 0,01 d	16,02 \pm 1,57 a	46,03 \pm 0,60 a	180,37 \pm 8,38 b	57,87 \pm 1,49 a
Gramma-missioneira (<i>Axonopus catharticus</i> cv. SCS 315 Catarina Gigante)	2,65 \pm 0,06 c	0,34 \pm 0,01 bc	1,79 \pm 0,04 d	0,88 \pm 0,05 d	0,52 \pm 0,01 b	7,15 \pm 0,22 b	27,27 \pm 1,05 d	140,88 \pm 9,14 c	57,83 \pm 4,39 a
Amendoim forrageiro (<i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte)	3,40 \pm 0,04 b	0,34 \pm 0,01 c	2,10 \pm 0,03 c	1,35 \pm 0,02 a	0,48 \pm 0,01 c	13,85 \pm 0,23 a	32,94 \pm 0,31 c	309,69 \pm 1,75 a	26,45 \pm 1,18 b
F	25,003	44,002	77,885	44,268	216,38	16,316	86,261	54,812	37,333
gl	3,32	3,32	3,32	3,32	3,32	3,32	3,32	3,32	3,32
Valor de p	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

¹Médias seguidas de letras diferentes na coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos (GLM com distribuição Gaussiana seguida de teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$).

A análise de agrupamento baseada na similaridade dos parâmetros químico-bromatológicos mostrou que o milho apresentou grande diferença na composição em relação às demais espécies de plantas (Figura 4a). O gráfico Biplot mostrou que o milho se correlacionou positivamente com os teores de cinzas, extrato etéreo, fósforo, potássio, zinco e magnésio e inversamente correlacionado com o teor de matéria seca (Figura 4b).

Figura 4 – Gráficos A e B



Fonte: dados da pesquisa (2020).

Na Figura 4, a) Dendrograma obtido a partir da análise de agrupamento com base na similaridade da composição químico-bromatológica das espécies de plantas estudadas [distância Euclidiana média como medida de dissimilaridade e método da média como estratégia de agrupamento]; b) Análise de componentes principais entre as variáveis da composição químico-bromatológica do milho de três espécies forrageiras perenes. Nota: MS = matéria seca; Prot = proteína bruta; Fibras = conteúdo de fibras; EE = extrato etéreo; N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Cu = cobre; Zn = zinco; Fe = ferro; Mn = manganês; IA = índice de adaptação.

4.3 RELAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA X ADAPTAÇÃO DE *Spodoptera frugiperda*

A análise de correlação simples entre IA e composição química-bromatológica das espécies de plantas não mostrou nenhuma evidência de clara correlação. Assim, análises de correlação multivariada entre IA e variáveis de composição químico-bromatológica foram realizadas e mostraram correlação positiva entre IA e teores de cinzas, extrato etéreo, potássio, fósforo e magnésio e, em menor grau, com os teores de nitrogênio, bruto proteína e cobre (Figura 4b). Por outro lado, o IA foi inversamente correlacionado com o teor de matéria seca (Figura 4b).

O comportamento alimentar, o desenvolvimento biológico e a dinâmica populacional da lagarta-do-cartucho (*S. frugiperda*) são influenciados por diferenças entre os hospedeiros (espécies e variedades) e biótipos de insetos (formas hospedeiras), bem como pela sucessão e disponibilidade de espécies hospedeiras no contexto da paisagem ao longo tempo e do espaço. Apesar das diferenças nos parâmetros avaliados, os resultados mostraram que uma população de campo de lagarta-do-cartucho coletada em pastagens no sul do Brasil teve adaptabilidade positiva ($AI > 13$) e adequado desenvolvimento biológico em três espécies forrageiras amplamente cultivadas em comparação ao milho. Assim, as espécies forrageiras podem servir de “ponte verde” na entressafra das principais lavouras anuais da região, especialmente de milho e soja.

Os estudos relataram atributos de resistência de variedades de forrageiras (níveis, tipos e mecanismos de resistência) para espécies de lepidópteros-praga (LYNCH et al., 1981; WISEMAN & DUNCAN, 1996; BRAMAN & DUNCAN, 2000; AUAD et al., 2016). No entanto, até o momento, não há relatos comparando o desenvolvimento e adaptabilidade da lagarta-do-cartucho em espécies forrageiras e plantas anuais amplamente cultivadas no Brasil (ou seja, milho e soja). Na Argentina, Murúa & Virla (2004) compararam os parâmetros populacionais de *S. frugiperda* alimentados com milho e duas gramíneas predominantes em Tucumán (*Panicum maximum* Jacq. e *C. dactylon*) e verificaram que *S. frugiperda* se desenvolveu com sucesso em *C. dactylon* e *P. maximum*. Assim, esses autores destacaram a necessidade de estudos de campo para manejar a primeira geração (desenvolvida em pastagens) responsável pela colonização das lavouras de milho em sucessão para definir padrões de dispersão e fatores de crescimento populacional de *S. frugiperda*.

Em geral, a redução da aptidão biológica de determinadas espécies-praga deve-se principalmente a fatores morfológicos e químicos, principalmente compostos tóxicos (aleloquímicos, inibidores enzimáticos etc.) ou mesmo por inadequação nutricional da planta (deficiência qualitativa ou quantitativa de nutrientes) (SMITH, 2005; VENDRAMIM & GUZZO, 2012). Os resultados mostraram melhor adaptabilidade de *S. frugiperda* em plantas de milho, refletida principalmente na redução do tempo de desenvolvimento larval. Segundo Busato et al. (2005), o teor de proteína é um dos mais importantes parâmetros químico-bromatológicos de adequação nutricional de determinadas espécies de plantas hospedeiras; esses autores verificaram menor desempenho de *S. frugiperda* (maior duração da fase larval e reduzida biomassa do inseto) quando alimentado com folhas de milho em comparação ao arroz com maiores níveis de proteína. Pashley et al. (1995) também verificaram essa

tendência em milho e capim-estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst), no que diz respeito ao desenvolvimento de *S. frugiperda*. A análise multivariada mostrou que outros componentes químico-bromatológicos influenciam a adaptabilidade de *S. frugiperda* em plantas hospedeiras, incluindo o conteúdo de cinzas, extrato etéreo, potássio, fósforo e magnésio. Nesse contexto, a complexidade da composição do hospedeiro e o equilíbrio entre os nutrientes explicam os resultados observados. No entanto, novos estudos devem ser realizados para verificar a presença de aleloquímicos, inibidores enzimáticos ou outros fatores químicos nas plantas estudadas. Apesar de não ser totalmente explicado por esses fatores, o conteúdo químico-bromatológico das espécies vegetais pode refletir a aptidão do inseto e deve ser considerado em estudos desta natureza.

Os resultados mostraram uma redução da aptidão biológica de *S. frugiperda* quando alimentada com grama-missioneira-gigante e amendoim forrageiro [IAR de 69,93 e 51,35%, respectivamente (considerando o milho como padrão)], o que pode ser resultado de resistência do tipo antibiose. Os testes anteriores (não publicados) não mostraram diferença no consumo alimentar de *S. frugiperda* nas quatro espécies de plantas e, portanto, rejeitamos a possibilidade de ocorrência de resistência do tipo antixenose.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em programas de MIP, o uso de genótipos resistentes é desejável, pois reduz o desempenho das espécies-praga alvo e o tamanho da população nas gerações subsequentes (efeito transgeracional) e pode, dependendo do nível de resistência, manter a praga em níveis populacionais abaixo daqueles recomendados para o seu controle (SMITH, 2005; VENDRAMIM & GUZZO, 2012). Por outro lado, a escolha das espécies forrageiras pelos agricultores pode afetar de forma significativa e diferencial as densidades populacionais de pragas na paisagem (ALVARENGA et al., 2017). Os resultados obtidos nesse estudo mostraram que a diversificação de pastagens com grama-missioneira-gigante ou, especialmente, com amendoim forrageiro pode ser uma estratégia interessante para manejo integrado da lagarta-do-cartucho em pastagens dentro de um contexto regional, além de proporcionar benefícios de inclusão de leguminosas (Fabaceae) no sistema (TOZER et al., 2016; COX et al., 2017; ISLAM & ASHILENE, 2018).

REFERÊNCIAS

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasil, 2020.** Disponível em:

<<http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofitcons/principalagrofitcons.>> Acesso em: 29 abr. 2020.

AOAC – OFFICIAL ANALYTICAL CHEMICALS ASSOCIATION. Official methods of analysis: agricultural chemist, contaminants, drugs. **Arlington AOAC Inc 15:768.** Disponível em: <<https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf> >.

AUAD, A. M. et al. Leafhoppers (Hemiptera: Cercopidae) and their host plants: a strategy for pasture diversification. **Applied Entomology and Zoology**, v.52, p.653-660, 2017.

AUAD, A. M. et al. Seleção de clones de braquiária para resistência à lagarta-do-cartucho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, p.579-585, 2016.

BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. **Resistência de plantas a insetos – fundamentos e aplicações.** Fealq, Piracicaba, 2019, 493p.

BOREGAS, K. G. B. et al. Estádio de adaptação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em hospedeiros alternativos. **Bragantia**, v.72, p.61-70, 2013.

BRAMAN, S. K.; DUNCAN, R. R. Evaluation of grass selections for resistance to caterpillars (Lepidoptera: Noctuidae). **HortScience**, v.35, p.1268-1270, 2000.

BUSATO, G. R. et al. Comparative biology of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) populations (Lepidoptera: Noctuidae) in maize and rice leaves. **Neotropical Entomology**, v.34, p.743-750, 2005.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** Unicamp, v.2, p.208, 2007.

CHIARADIA, L. A.; POLETTO, E. J. Danos e manejo do percevejo-raspador-das-pastagens. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.25, n.3, p.39-41, 2012.

COX, D. R. Regression models and life tables (with discussion). **Journal Royal Statistical Society**, v.34, p.187-220, 1972.

COX, S. et al. Forage production of binary mixtures of grasses and legumes on irrigated pastures in the Western USA. **Crop Science**, v.57, p.1742-1753, 2017.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; FILHO, S. C. V. **Métodos para análise de alimentos.** Visconde do Rio Branco: Universidade Federal de Viçosa, 2012.

FIGUEIREDO, M. L. C.; MARTINS-DIAS, A. M. P.; CRUZ, I. Associação entre inimigos naturais e *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho. **Revista Brasileira Milho Sorgo**, v.5, p.400-408, 2006.

HAY-ROE, M. M.; MEAGHER, R. L.; NAGOSHI, R. N. Effects of cyanogenic plants on the fitness of two host caterpillar strains (*Spodoptera frugiperda*). **Journal Chemical Ecology**, v.37, p.1314-1322, 2011.

ISLAM, M. A.; ASHILENJE, D. S. Diverse forage cultivation systems and their implications for resilience and productivity. **Sustainability**, v.10, p.1-13, 2018.

JOCHIMS, F.; SILVA, A. W. L.; PORTES, V. M. Espécies forrageiras mais utilizadas em pastagens na região Oeste de Santa Catarina. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.30, p.15-18, 2017.

JUÁREZ, M. L. et al. Association of hosts of corn and rice strains of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Argentina, Brazil and Paraguay. **Journal Economic Entomology**, v.105, p.573-582, 2012.

JUÁREZ, M. L. et al. Population structure of host forms of corn and rice of *Spodoptera frugiperda* in South America: are they host strains? **Applied Entomology Zoology**, v.52, p.653-660, 2017.

KASTEN-JÚNIOR, P.; PRECETTI, A. A. C. M.; PARRA, J. R. P. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) em duas dietas artificiais e substrato natural. **Revista Agricultura** v.53, p.69-78, 1978.

LYNCH, R. E.; BANCH, W. D.; GAMER, W. Resistance of *Arachis* species to the caterpillar, *Spodoptera frugiperda*. **Peanut Science**, v.8, p.106-109, 1981.

MEAGHER, R. L.; MISLEVY, P.; NAGOSHI, R. N. Caterpillar (Lepidoptera: Noctuidae) feeding on grasses in Central Florida. **Florida Entomologist**, v.90, p.295-303, 2007.

MENDES, S. M. et al. Respostas da lagarta-do-cartucho a milho geneticamente modificado expressando a toxina Cry1A(b). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.239-244, 2011.

MONTEZANO, D. G. et al. Development parameters of immature stages of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) under controlled and standardized conditions. **Journal Agriculture Science**, v.11, p.76-89, 2019.

MONTEZANO, D. G. et al. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. **African Entomology**, v.26, p.286-300, 2018.

MURÚA, G.; VIRLA, E. Population parameters of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae) fed with corn and two grasses prevalent in Tucuman Argentina. **Acta Zoologica Mexicana**, v.20, p.199-210, 2004.

NAGOSHI, R. N. et al. Comparisons of haplotype profiles between populations of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) from Mexico with those of Puerto Rico, South America and the United States and their implications for migratory behavior. **Journal Economic Entomology**, v.108, p.135-144, 2015.

NAGOSHI, R. N. et al. Genetic comparisons of cartridge caterpillar populations from 11 countries spanning sub-Saharan Africa provide information on strain composition and migratory behaviors. **Scientific Reports**, v.9, p.8311, 2019.

PAIVA, P. M. Ocorrência de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e parasitoides em milho Bt. Sete Lagoas, 2016. 42 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônômica) - Universidade Federal de São João Del Rei.

PASHLEY, D. P. Genetic differentiation associated with the host in the caterpillar of the cartridge (Lepidoptera, Noctuidae) - a complex of sister species. **Annals of Entomological Society of America**, v.79, p.898-904, 1986.

PEREIRA, M. F. A.; BENEDETTI, R. A. L.; ALMEIDA, J. E. M. Eficiência de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin no controle de *Deois flavopicta* (Stal., 1854), em pastagem de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Arquivo do Instituto Biológico**, v.75, p.465-469, 2008.

RIBEIRO, L. P.; ANSANTE, T. F.; VENDRAMIM, J. D. Efeito do extrato etanólico de sementes de *Annona mucosa* no desenvolvimento e comportamento alimentar de *Spodoptera frugiperda*. **Bragantia**, v.75, p.322-330, 2016.

RIBEIRO, L. P.; CASTILHOS, R. V. **Manejo integrado de pragas em pastagens: ênfase em pragas-chave das gramíneas perenes de verão**. Florianópolis: EPAGRI. (Boletim Técnico 185), p.56, 2018.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análise química das plantas**. ESALQ, Piracicaba, 1974.

SCHNEID, A. P.; ROSA, A.; BARCELOS, H. T. **Bioecologia e controle de *Spodoptera frugiperda* em milho**. Pelotas, RS: Embrapa, 2012. ISSN 1516-8840. Acesso em: 27 out. 2020.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. EMBRAPA, Brasília, 2009.

SILVA-BRANDÃO, K. L. et al. Plasticity of the transcript expression in response to alternative host plant larvae in the speciation process of corn and rice strains of *Spodoptera frugiperda*. **BMC Genomics**, v.18, p.792, 2017.

SILVA-BRANDÃO, K. L. et al. Loci under selection and markers associated with the host plant and host-related strains shape the genetic structure of Brazilian populations of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae). **PloS One**, e0197378, 2018.

Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina (2018-2019). Florianópolis: Epagri/Cepa. Disponível em: <http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Sintese_2018_19.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2020.

SMITH, C. **Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches**. Springer, New York, 2005.

SMITH, C. M.; CLEMENT, S. L. Molecular bases of plant resistance to arthropods. **Annual Reviews Entomology**, v.57, p.309-328, 2012.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

TOZER, K. N. et al. Effects of the inclusion of forage herbs in mixtures of grasses and legumes on the persistence of intensive management pastures sampled in three age categories and five regions. **New Zealand Journal Agricultural research**, v.59, p.250-268, 2016.

VENDRAMIN, J. D.; GUZZO, E. C. Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição dos insetos. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (ed.). **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Londrina: Embrapa Soja, 2009. p.1055-1105, 2012.

WISEMAN, B. R.; DUNCAN, R. R. Resistência de *Paspalum sp.* a larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal Turfgrass Management**, v.1, p.23-36, 1996.