



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA E
DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL**

MARCOS FERNANDES SEBEN

**BIOLOGIA E COMPORTAMENTO DE *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM MILHO
TRATADO COM MICRORGANISMOS EFICIENTES E SILÍCIO**

LARANJEIRAS DO SUL

2019

MARCOS FERNANDES SEBEN

**BIOLOGIA E COMPORTAMENTO DE *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM MILHO
TRATADO COM MICRORGANISMOS EFICIENTES E SILÍCIO**

Dissertação de mestrado, apresentada para o Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável.

Orientadora: Prof. Dra. Aline Pomari Fernandes
Co-orientador: Prof. Dr. Gilmar Franzener

LARANJEIRAS DO SUL

2019

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Sebben, Marcos Fernandes

Biologia e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e Indução de Resistência em Milho Tratado com Microrganismos Eficientes e Silício / Marcos Fernandes Sebben. -- 2019. 83 f.

Orientadora: Doutora Aline Pomari Fernandes.

Co-orientador: Doutor Gilmar Franzener.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável-PPGADR, Laranjeiras do Sul, PR , 2019.

1. *Spodoptera frugiperda*. 2. Microrganismos eficientes. 3. Silício. 4. Indução de resistência. I. Fernandes, Aline Pomari, orient. II. Franzener, Gilmar, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

MARCOS FERNANDES SEBEN

BIOLOGIA DE COMPORTAMENTO DE *SPODOTERA FRUGIPERDA* (J.E. Smith)
(*LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE*) E INDUCAÇÃO DE RESISTÊNCIA EM MILHO
TRATADO COM MICRORGANISMOS EFICIENTES E SILÍCIO

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação *Stricto Sensu*, da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, para obtenção do título de Mestre em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

13 / 12 / 2019

BANCA EXAMINADORA



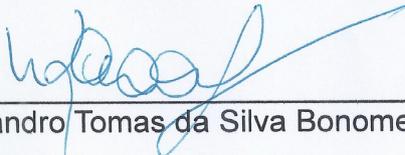
Prof.^a Dra. Aline Pomari Fernandes (UFFS – presidente / orientadora)



Prof. Dr. Gilmar Franzener (UFFS - coorientador)



Dr. André Martins (UFFS – 1º membro)



Prof. Dr. Lisandro Tomas da Silva Bonome (UFFS – 2º membro)

Dra. Gabriela da Silva Moura (UFFS – suplente)

Às organizações e pessoas que permitiram a construção do conhecimento voltado à agroecologia e à construção de um mundo melhor.

A todos que lutam incansavelmente pela construção de um mundo mais justo e igualitário, por melhores qualidades de vida para todos.

Também para aquele que paga o preço por nos mostrar que é possível vivermos num país que sonha e constrói oportunidades para todos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À CAPES e à Fundação Araucária pelo apoio financeiro por meio da bolsa de mestrado, concedida pelos 2 anos de duração do curso.

À minha família pelo auxílio durante o período e suporte nos momentos de dificuldades.

À Professora Aline, pela disponibilidade de orientação, pela capacidade de integrar os temas de pesquisa para o trabalho, pelos ensinamentos durante o processo, e principalmente pela paciência, compreensão e confiança, sem as quais não teria sido possível concluir o trabalho.

Ao Augusto, pela permanente disponibilidade e auxílio nas áreas que apresentava dificuldades e limitações, e pelos ensinamentos repassados.

Ao Professor Gilmar pela orientação nos processos de identificação dos grupos de microrganismos do EM e nas análises das enzimas indutoras de resistência.

Ao Edmilson pela ajuda e ensinamentos com as análises que demandaram conhecimentos da área de química.

Ao Laboratório de Fitopatologia, e em especial à Gabriela, por auxiliar na elaboração das análises das enzimas de indução de resistência e na identificação dos grupos de microrganismos do EM.

A coordenação e professores do programa, pelo conhecimento construído no período.

Aos colegas estudantes do programa, em especial aos que construímos relação de amizade, a qual certamente levaremos para a vida, pelos bons momentos vividos, pelas reflexões e pelo apoio mútuo nos momentos de dificuldades.

A Suelhen pela amizade, ensinamentos, e pela grande ajuda nos trabalhos de pesquisa e atividades no laboratório, também pela contribuição ao crescimento quanto pessoa.

A todos os que fizeram parte da equipe do laboratório de entomologia no período, em especial José Edeval, Marcelo e Vanessa, pela grande contribuição na execução dos experimentos. Fica a amizade e os ensinamentos no período.

À Simone, pela compreensão, total apoio e motivação durante o período.

A todos os amigos que mesmo distante sempre apoiaram nesta etapa, motivando a seguir em frente mesmo com as dificuldades.

Às famílias de Ivo Amarin e Milton Marchioro por disponibilizar os solos utilizados neste trabalho.

Enfim, agradeço a todos que, de alguma forma, ajudaram e contribuíram no processo de desenvolvimento do trabalho.

**BIOLOGIA E COMPORTAMENTO DE *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM MILHO
TRATADO COM MICRORGANISMOS EFICIENTES E SILÍCIO**

RESUMO

A cultura do milho, de grande importância no Brasil, está sujeita à incidência de pragas, principalmente *Spodoptera frugiperda*, que afetam todos os sistemas de produção. Desta forma, a partir dos benefícios dos microrganismos eficientes (EM) e do silício, visou-se avaliar o efeito de preparados EM e água de vidro, como ferramentas para controle da lagarta-do-cartucho na cultura do milho cultivado em solos oriundos de manejo orgânico e convencional de produção. Para isso foram realizadas duas etapas de pesquisa. Na primeira etapa, avaliou-se EM sólido, EM líquido, água de vidro, EM sólido + água de vidro e EM líquido + água de vidro, em solo oriundo de manejo orgânico e convencional, com cultivo de milho. Avaliou-se aspectos do quociente metabólico do solo (qCO₂), mortalidade e canibalismo, e aspectos biológicos de *S. frugiperda* alimentadas com folhas de milho que receberam os tratamentos supracitados. A partir dos resultados obtidos, realizou-se uma segunda etapa experimental onde avaliou-se EM líquido, água de vidro e EM líquido + água de vidro em solo oriundo de manejo convencional, com cultivo de milho. Para tanto, os parâmetros analisados foram: concentração de Si na água de vidro, concentração de Si foliar na planta de milho, aspectos do qCO₂, mortalidade e canibalismo, biologia e preferência alimentar de *S. frugiperda* alimentadas com folhas de milho que receberam os tratamentos supracitados, além da análise de enzimas indutoras de resistência. Na primeira etapa, o tipo de solo praticamente não influenciou os tratamentos sobre os parâmetros biológicos e comportamentais de *S. frugiperda*, porém os tratamentos diminuíram os aspectos do qCO₂ em solo de manejo orgânico, enquanto aumentaram em solo de manejo convencional, já o uso associado de EM e água de vidro proporcionaram maior mortalidade e, em alguns casos, maior tempo de desenvolvimento de *S. frugiperda* em relação à testemunha. Na segunda etapa, a água de vidro não se mostrou como fonte de silício, os tratamentos não alteraram aspectos do qCO₂ nem tampouco os aspectos comportamentais, de mortalidade e canibalismo. Nos aspectos biológicos e comportamentais da lagarta, houve influência no peso de pupas, constatou-se influência na preferência alimentar, e índices de mortalidade igual ou inferior que a testemunha, e de enzimas indutoras de resistência, alterou apenas o índice de peroxidases. A ausência de resultados eficientes para o controle da lagarta-do-cartucho podem estar correlacionados à não disponibilização de silício por parte da água de vidro, quando aplicada no solo, associado ao fato que o EM não apresentou atividade suficiente para melhorar os aspectos nutricionais do cultivo, de modo a este não apresentar condições favoráveis ao desenvolvimento da espécie praga. Dessa forma, são necessários mais estudos para avaliar a eficiência de EM e água de vidro no controle de *S. frugiperda* em milho.

Palavras-chave: Lagarta do cartucho. Agricultura orgânica. Resistência de plantas.

**BIOLOGY AND BEHAVIOR OF *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) AND RESISTANCE INDUCTION IN CORN
TREATED WITH EFFICIENT MICROORGANISMS AND SILICON**

ABSTRACT

The corn crop, of great importance in Brazil, is subject to the incidence of pests, mainly *Spodoptera frugiperda*, which affect all production systems. Thus, based on the benefits of effective microorganisms (EM) and silicon, the aim was to evaluate the effect of EM preparations and glass water, as tools for the control of the caterpillar in the culture of corn grown in soils from organic and conventional production management. For this, two research stages were carried out. In the first step, solid EM, liquid EM, glass water, solid EM + glass water and liquid EM + glass water were evaluated in soil from organic and conventional management, with corn cultivation. Aspects of the soil metabolic quotient (qCO_2), mortality and cannibalism, and biological aspects of *S. frugiperda* fed with corn leaves that received the above treatments were evaluated. Based on the results obtained, a second experimental stage was carried out, where liquid EM, glass water and liquid EM + glass water were evaluated in soil from conventional management, with corn cultivation. Therefore, the parameters analyzed were: Si concentration in glass water, leaf Si concentration in the corn plant, qCO_2 aspects, mortality and cannibalism, biology and food preference of *S. frugiperda* fed with corn leaves that received the treatments above, in addition to the analysis of resistance-inducing enzymes. In the first stage, the soil type practically did not influence the treatments on the biological and behavioral parameters of *S. frugiperda*, however the treatments reduced the qCO_2 aspects in organic management soil, while they increased in conventional management soil, since the associated use of EM and glass water provided higher mortality and, in some cases, longer development time for *S. frugiperda* compared to the control. In the second stage, the glass water was not shown to be a source of silicon, the treatments did not alter aspects of qCO_2 nor the behavioral aspects, mortality and cannibalism. In the biological and behavioral aspects of the caterpillar, there was an influence on the weight of pupae, there was an influence on food preference, and mortality rates equal or lower than the control, and resistance inducing enzymes, only changed the peroxidase index. The absence of efficient results for the control of the cartridge caterpillar may be correlated to the lack of availability of silicon by the glass water, when applied to the soil, associated with the fact that the EM did not show enough activity to improve the nutritional aspects of the cultivation, so that it does not present favorable conditions for the development of the pest species. therefore, further studies are needed to evaluate the efficiency of EM and glass water in controlling *S. frugiperda* in corn.

Keywords: Fall armyworm. Organic agriculture. Plant resistance.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição dos tratamentos aplicados em milho cultivado em solos oriundos de manejo orgânico e convencional.....	26
Tabela 2: Composição da dieta artificial desenvolvida por Kasten Jr et al. (1978).....	28
Tabela 3: Biomassa microbiana em carbono, respiração basal do solo e quociente metabólico.....	35
Tabela 4: Mortalidade e canibalismo de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas com folhas de milho tratadas com microrganismos eficientes (EM) e água de vidro.....	36
Tabela 5: Mortalidade (%) de <i>Spodoptera frugiperda</i> na fase larval e de pupa.....	37
Tabela 6: Duração da fase larval e de pupa e total em dias de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas com folhas de milho tratado com microrganismos eficientes (EM) e silício.....	37
Tabela 7: Peso de pupas (g), longevidade (dias) e razão sexual de adultos de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas com folhas de milho tratado com microrganismos eficientes (EM) e silício.....	38
Tabela 8: Composição da dieta artificial desenvolvida por Kasten Jr. et al. (1978).....	51
Tabela 9: Unidades formadoras de colônias a partir do EM, nos meios de cultura meio Martin, meio MYGP e meio BDA, com diluições seriadas 10^{-3} ; 10^{-4} e 10^{-5}	60
Tabela 10: Concentração de silício foliar em milho tratado com EM e água de vidro.....	61
Tabela 11: Biomassa microbiana do solo em carbono, respiração basal do solo e quociente metabólico do solo com aplicação de EM e água de vidro.....	61
Tabela 12: Mortalidade e canibalismo de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas com EM e água de vidro, em número de indivíduos.....	62
Tabela 13: Mortalidade percentual (%) de lagartas e pupas de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas com folhas de milho tratadas com EM e água de vidro.....	62
Tabela 14: Duração da fase larval de <i>Spodoptera frugiperda</i> por instar em dias.....	63
Tabela 15: Duração das fases de pré-pupa e pupa, peso de pupa e razão sexual de adultos de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas com folhas de milho tratados com EM e água de vidro..	63
Tabela 16: Total de adultos e número de indivíduos de <i>Spodoptera frugiperda</i> com deformação por tratamento.....	64
Tabela 17: Preferência alimentar com chance de escolha para lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> em segundo instar com folhas de milho tratadas com EM e água de vidro.....	64
Tabela 18: Atividade de Peroxidase e Fenilalanina amônia-liase em folhas de milho tratadas com EM e água de vidro.....	65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 A CULTURA DO MILHO E SEU CULTIVO EM SISTEMA ORGÂNICO.....	14
2.2 PRINCIPAL PRAGA DA CULTURA DO MILHO, <i>Spodoptera frugiperda</i>	15
2.3 UTILIZAÇÃO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES.....	16
2.4 SILÍCIO NA PROTEÇÃO DE PLANTAS.....	17
REFERÊNCIAS.....	19
3 CAPÍTULO 1: O MANEJO DO SOLO, A UTILIZAÇÃO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES E ÁGUA DE VIDRO INFLUENCIAM O COMPORTAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE <i>Spodoptera frugiperda</i> ?.....	23
3.1 INTRODUÇÃO.....	24
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.2.1 Delineamento experimental.....	25
3.2.2 Obtenção e preparo do solo agroecológico e convencional.....	26
3.2.3 Obtenção e criação da espécie <i>Spodoptera frugiperda</i>	27
3.2.4 Obtenção e multiplicação dos microrganismos eficientes.....	28
3.2.4.1 Obtenção e multiplicação dos microrganismos eficientes em forma sólida..	28
3.2.4.2 Obtenção e multiplicação dos microrganismos eficientes em forma líquida..	28
3.2.5 Obtenção da fonte de silício.....	29
3.2.6 Quociente metabólico do solo (qCO ₂).....	30
3.2.6.1 Respiração basal do solo em recipiente fechado.....	31
3.2.6.2 Análise da biomassa microbiana do solo em carbono.....	31
3.2.6.3 Quociente metabólico do solo.....	33
3.2.7 Bioensaio 1: Sobrevivência de <i>Spodoptera frugiperda</i>	33
3.2.8 Bioensaio 2: Parâmetros biológicos de <i>S. frugiperda</i>	33
3.2.9 Análise estatística.....	34
3.3 RESULTADOS.....	34
3.3.1 Quociente metabólico do solo (qCO ₂).....	34
3.3.2 Sobrevivência de <i>Spodoptera frugiperda</i>	35
3.3.3 Parâmetros biológicos de <i>S. frugiperda</i>	36
3.4 DISCUSSÃO.....	39
3.5 CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS.....	44
4 CAPÍTULO 2: MICRORGANISMOS EFICIENTES E ÁGUA DE VIDRO INFLUENCIAM A MORTALIDADE E DESENVOLVIMENTO DE <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE), E A INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM PLANTAS DE MILHO?.....	47
4.1 INTRODUÇÃO.....	48
4.2.1 Obtenção e criação da espécie <i>Spodoptera frugiperda</i>	50
4.2.2 Obtenção e preparo dos Microrganismos Eficientes.....	51
4.2.2.1 Identificação dos principais grupos de microrganismos eficientes.....	52
4.2.3 Obtenção da fonte de silício.....	53
4.2.3.1 Quantificação do silício na fonte.....	53
4.2.4 Quociente metabólico do solo.....	53
4.2.4.1 Respiração basal do solo em ambiente fechado.....	54
4.2.4.2 Análise da biomassa microbiana do solo.....	55
4.2.5 Quantificação de silício foliar.....	56

4.2.6	Sobrevivência de <i>Spodoptera frugiperda</i>	57
4.2.7	Influência dos tratamentos na mortalidade e no desenvolvimento de <i>S. frugiperda</i>	58
4.2.8	Preferência de <i>Spodoptera frugiperda</i> com chance de escolha.....	58
4.2.9	Quantificação de atividade de Peroxidase e Fenilalanina amônia-liase nas plantas de milho.....	58
4.2.9.1	Obtenção dos extratos enzimáticos.....	58
4.2.9.2	Atividade da Peroxidase.....	59
4.2.9.3	Atividade de Fenilalanina-amônia-liase.....	59
4.2.10	Análise estatística.....	59
4.3	RESULTADOS.....	60
4.3.1	Identificação dos principais grupos de microrganismos presentes no EM.....	60
4.3.2	Quantificação de silício na água de vidro.....	60
4.3.3	Quantificação de silício foliar.....	61
4.3.4	Quociente Metabólico do Solo.....	61
4.3.5	Sobrevivência de <i>Spodoptera frugiperda</i>	61
4.3.6	Parâmetros biológicos de <i>Spodoptera frugiperda</i>	62
4.3.7	Preferência alimentar com chance de escolha.....	64
4.3.8	Atividades de Peroxidase e Fenilalanina amônia-liase.....	65
4.4	DISCUSSÃO.....	65
4.5	CONCLUSÕES.....	73
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
	REFERÊNCIAS.....	75
	ANEXOS.....	80

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) apresenta grande importância econômica e cultural na agricultura brasileira. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2019) na safra 2018-2019, foi cultivada uma área próxima a 17,5 milhões de hectares, com produção de praticamente 100 milhões de toneladas. Sua importância se caracteriza pelas diversas formas de utilização, desde a alimentação até processos industriais de alta tecnologia, com destaque para a alimentação animal, que no Brasil fica entre 70 e 90%, dependendo da região do país, caracterizando principalmente o autoconsumo da própria unidade de produção, mas também se caracteriza como fonte de energia na alimentação humana das regiões de baixa renda. (CRUZ et al. 2006; CRUZ et al., 2011).

No entanto, uma das causas que dificulta a produção de milho no Brasil, é o ataque de pragas. Esta cultura sofre ataque de pragas desde a semente por ocasião da semeadura até próximo a colheita (CRUZ, 2000). Dentre estas, destaca-se a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), sendo considerada uma das principais pragas do milho nas Américas, causando perdas de até 52% na produção de milho (CRUZ et al., 1982; VALICENTE, 2015). No Brasil, destaca-se como a praga de maior importância para a cultura do milho, de norte a sul do país, independentemente da área plantada e do nível tecnológico utilizado. Além disso, ataca com severidade, tanto o milho cultivado na safra “normal”, como na segunda safra (“safrinha” ou milho irrigado)” (CRUZ, 2000).

Desta forma, é notável que a praga tenha potencial para afetar todos os sistemas de produção desenvolvidos na cultura, o que demanda métodos de prevenção e controle ao ataque da mesma. Atualmente, entre as técnicas de controle empregadas, destaca-se a tecnologia Bt, por meio de elemento transgênico, além do uso de inseticidas, onde existem atualmente 209 inseticidas comerciais registrados para o controle desta praga na cultura do milho (BRASIL, 2019). Contudo, com exceção dos princípios ativos à base de agentes biológicos e do enxofre inorgânico, os demais não são compatíveis com sistemas agroecológicos de produção, limitando consideravelmente as opções para controle desta praga.

Diante disso, há necessidade de identificar e pesquisar novas ferramentas para a prevenção e controle de pragas na cultura do milho, a partir de materiais e insumos disponíveis localmente. Nesse sentido, a utilização de microrganismos eficientes (Effective Microorganisms - EM) pode auxiliar no controle de pragas e doenças, se mostrando uma alternativa viável para o manejo ecológico de pragas (TUAT; TRINH, 2002). Estes

microrganismos tendem a reconstituir os processos biológicos do solo, buscando reconstruir seu equilíbrio natural.

A diversidade biológica do solo apresenta suma importância para o desenvolvimento de cultivos saudáveis. Stupino et al. (2014) salientam que os microrganismos do solo intervêm na regulação das pragas e doenças, entre outras funções. Em solos saudáveis, as pragas e os agentes patogênicos, são regulados por meio da interação com outros membros da biota do solo, que incluem microherbívoros e micropredadores, conformando cadeias alimentares, além de uma ampla variedade de interações microbianas antagonistas. Nos agroecossistemas, estas interações podem ser reduzidas ou alteradas, consequência da menor diversidade biológica associada ou não às mudanças ambientais do solo, como diminuição da matéria orgânica, consequência do manejo adotado sobre este (SWIFT et al., 2012).

Outro fator que pode afetar o desenvolvimento da lagarta-do-cartucho é o elemento químico silício. Este se caracteriza como o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre (KORNDÖRFER et al., 2004). O silício se acumula nos tecidos de todas as plantas, sendo considerado um elemento benéfico para diversos grupos de plantas (GASCHO, 2001; KORNDÖRFER et al., 2004).

Com o propósito de desenvolver alternativas ao uso de agrotóxicos, tem-se estudado o uso deste elemento como promotor de resistência nas plantas. Korndörfer (2017) menciona que o silício, na planta, ocasiona o aumento da resistência ao ataque de pragas (insetos), nematoides e doenças. Isto ocorre pelo fato de que o silício torna a parede da planta mais resistente à ação de fungos e insetos (DAYANANDAM et al., 1983), devido ao fato de associação da sílica com constituintes da parede celular, tornando-as menos acessíveis às enzimas de degradação (KORNDÖRFER et al., 2004).

Desta forma, desenvolver técnicas e tecnologias que impliquem em baixo investimento e acelerem o processo de transição para a agroecologia é uma das formas de facilitar este processo, desde que sejam tecnologias que estejam em domínio dos agricultores, e que estes possam adaptar de acordo à realidade de cada unidade de produção. Assim, objetiva-se com este trabalho avaliar como o repovoamento do solo com microrganismos eficientes de forma isolada ou associado com silício, pode influenciar no desenvolvimento da lagarta-do-cartucho na cultura do milho, tanto em manejo agroecológico como em sistema de transição para agroecologia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DO MILHO E SEU CULTIVO EM SISTEMA ORGÂNICO

Os elevados impactos da agricultura convencional colocam a necessidade de desenvolver sistemas de produção mais equilibrados. O uso elevado de insumos químicos sintéticos, tem acarretado em sérios problemas de contaminação ambiental, perda de biodiversidade, degradação dos solos, diminuição da qualidade dos alimentos, perdas de práticas culturais, dependência dos agricultores a empresas e insumos, aumento considerável dos custos de produção, entre outros (CAPORAL, 2013).

Esta realidade também é presente na cultura do milho, onde ao mensurar os insumos aplicados em energia, percebe-se um elevado consumo de energias não renováveis em sistemas de produção convencional, quando comparados a sistemas agroecológicos (CAPELLESSO; CAZELLI, 2013). Os mesmos autores mencionam que “a intensificação tecnológica dos sistemas de produção agrícola permite o aumento de produtividade e o cultivo de áreas maiores, mas vem acompanhada pela redução na eficiência energética”. Sobre a mudança do sistema de produção do milho, para formas mais sustentáveis, Hanisch et al. (2012) apresentam a possibilidade de manter produtividades elevadas da cultura do milho em sistemas orgânicos de produção, com fontes naturais de adubação.

Sobre as dificuldades observadas produção de milho em sistema agroecológico, Capellesso e Calezzi (2013) ressaltam a “necessidade de inovações tecnológicas que permitam ampliar a área de cultivo e a produtividade do milho”. Ainda nesse contexto, na produção de milho orgânico, Cruz et al. (2006) salienta que “esta cultura deverá estar inserida em um sistema mais complexo, envolvendo rotação, sucessão de culturas e adubação verde, além de estar integrado em sistema de produção animal onde o milho é um componente”. O autor reforça ainda a importância de preconizar cultivares varietais e crioulas, por serem materiais geneticamente estáveis, possibilitando a produção própria da semente pelo agricultor.

Referente ao manejo em sistemas orgânicos de produção de milho, Cruz et al. (2006) salientam a importância de práticas que mantenham e reconstruam a fertilidade natural dos solos, como práticas de adubação verde e cultivos de cobertura, rotação de culturas e o uso de compostagem para fertilização do cultivo. Os mesmos autores apresentam ainda diversos estudos avaliando produtividade entre aplicação de composto orgânico e manejo de adubos verdes comparado ao uso de adubação química sintética, onde relata taxa de produtividade

que viabiliza o uso das práticas de agricultura orgânica, resultados que vão de encontro com os obtidos por Hanisch et al. (2012), que constataram elevada produtividade da cultura do milho com o uso de adubo orgânico, ressaltando a importância da rotação de culturas.

Cruz et al. (2006) evidenciam a importância de uma densidade adequada para garantir produtividade satisfatória e diminuir os problemas com plantas espontâneas, já que em sistemas orgânicos de produção a forma de controle das mesmas se dá basicamente pela capina mecânica.

Os sistemas agroecológicos ou orgânicos também estão sujeitos à incidência de pragas em seus cultivos (FRANCELLI; DOURADO NETO, 2000), onde a adubação orgânica pode influenciar o desenvolvimento da praga, conforme descrito por Morato et al. (2011), que constataram relação entre maior desenvolvimento larval de *S. frugiperda* e aplicação de composto orgânico à base de cama de aves, contudo, segundo Roel et al. (2017) a incidência desta seja menor e o tempo de desenvolvimento do estágio larval e pupal sejam maiores em adubação orgânica quando comparados à adubação química. Cruz et al (2011) não verificaram diferença significativa de preferência e incidência de *S. frugiperda* ao aplicar diferentes dosagens de composto orgânico em milho, porém observaram maior peso de pupas, conforme incremento da dose de aplicação de composto.

2.2 PRINCIPAL PRAGA DA CULTURA DO MILHO, *Spodoptera frugiperda*

A lagarta do cartucho, *S. frugiperda*, caracteriza-se como a principal praga da cultura do milho, pelo potencial de dano que a mesma apresenta e por estar presente em todas as regiões do Brasil. De acordo com Cruz (2000) o ataque é maior no período em que a planta de milho exhibe o cartucho, ocasionando intensa perda foliar. Quando coincide com o período de grande desenvolvimento vegetativo, os danos são máximos, provocando elevadas perdas em produtividade, pela diminuição do número e peso dos grãos. Também tem sido comum o ataque logo após a emergência da planta, causando elevados prejuízos, pois nesta fase a planta não apresenta resistência e morre, podendo causar até a perda total da lavoura (CRUZ, 2000). As perdas ocasionadas por *S. frugiperda* na cultura do milho podem alcançar entre 34 e 52%, sendo que este inseto pode atacar mais de 100 espécies de plantas (VALICENTE, 2015).

Em sua fase adulta, a mariposa mede cerca de 35 mm de envergadura de asas, apresentando coloração pardo-escura nas asas anteriores, e branco-acinzentada nas asas posteriores. As posturas são feitas em massa, com número médio de 150 ovos, sendo o período de incubação dos ovos de aproximadamente 3 dias (CRUZ et al., 1982). As larvas em

estágio inicial de desenvolvimento alimentam-se nas partes mais tenras das folhas, onde raspam a mesma, deixando a epiderme de uma face da folha, o que caracteriza a injúria em estágio inicial. A partir do segundo instar, começam a perfurar a folha e a deslocar-se para a parte do cartucho da planta, permanecendo até o sexto instar, onde as larvas apresentam tamanho médio de 4 centímetros e coloração variável de pardo-escuro, verde até quase preta. O período larval dura entre 18 e 25 dias. Quando a fase larval está totalmente desenvolvida, a larva desce ao solo, penetrando alguns centímetros, onde constrói uma célula, para transformar-se em pré-pupa e em seguida em pupa. Este período dura em torno de 11 dias (CRUZ et al., 1982; CRUZ, 2000; CRUZ; BIANCO, 2001).

2.3 UTILIZAÇÃO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES

Os microrganismos são componentes fundamentais em todos os ecossistemas. Nos sistemas agrícolas, possui importância na relação entre os fatores bióticos e abióticos nos mais diferentes sistemas de produção (SANGAKKARA, 2002).

Desenvolvido a partir das pesquisas do Professor Dr. Teruo Higa, da Universidade de Ryukyus Okinawa, Japão, os microrganismos eficientes consistem no cultivo de microrganismos benéficos que ocorrem em ambiente natural, utilizados para aumentar a diversidade biológica do solo e dos cultivos (HIGA, PARR, 1994), e constituem de uma opção fácil e econômica para aumentar a produtividade dos sistemas agrícolas (SANGAKKARA, 2002). São elaborados a partir da coleta dos microrganismos presentes no solo de áreas de mata nativa (ANDRADE, 2011) e sua principal função é ativar e recuperar os processos biológicos do solo, por meio de biopreparados fermentados, acelerando os processos de decomposição da matéria orgânica e contribuindo para a manutenção da saúde das plantas (RESTREPO, 2013).

O EM é composto, principalmente, por 4 grupos de microrganismos: leveduras, actinomicetos, bactérias produtoras de ácido láctico e bactérias fotossintéticas (ANDRADE, 2011). O autor relata, a partir dos trabalhos da Fundação Mokiti Okada, que os microrganismos eficientes (EM) atuam como decompositores da matéria orgânica, realizando o processo com baixa demanda de energia, solubilizando-a para absorção pelas plantas e liberando no ambiente substâncias que estimulam a resistência dos cultivos e o crescimento vegetal. São espécies de bactérias, actinomicetos, bacilos e fungos, com funções de regeneração e degeneração no solo.

Higa e Wididana (1991a) apresentam que, para que o EM[apresentasse efeito, este deve apresentar uma diversidade de espécies. Restrepo (2013) salienta a importância da elaboração local dos preparados de E.M., pois apresenta menor custo de produção, e as matrizes dos microrganismos são adaptadas ao solo e clima onde será utilizado, aumentando a eficiência da aplicação do mesmo. Khatounian (2001) ressalta que a necessidade do uso do E.M. está principalmente em sistemas desequilibrados, com problemas de manejo ou mal concebidos. O autor reforça a importância de melhorar os sistemas de produção, não ficando apenas em substituição de insumos, porém utilizando os mesmos para viabilizar as atividades produtivas até consolidar agroecossistemas sustentáveis e equilibrados.

2.4 SILÍCIO NA PROTEÇÃO DE PLANTAS

O silício é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, (KORNDÖRFER et al., 2004). Considerado um micronutriente benéfico para as plantas, é absorvido na forma de ácido monossilícico, sendo depositado principalmente nas paredes das células da epiderme, onde o depositam no espaço intercelular, formando uma camada de sílica gel, a qual forma uma barreira contribuindo na resistência da planta e aumento da resistência ao acamamento, à incidência de doenças e pragas, e diminuindo a transpiração (RODRIGUES et al., 2011). A formação de camada de sílica como mecanismo de resistência é comum em plantas das famílias Poaceae, Equisetaceae e Cyperaceae (STANGARLIN et al., 2011). Marschner (1995) classifica as plantas pelo teor de silício acumulado na parte aérea em: plantas acumuladoras, com teores entre 100 e 150mg/g; plantas intermediárias, com teores entre 10 e 50mg/g; e plantas não acumuladoras, com teores inferiores à 5mg/g (MACIEL, 2018).

Avaliando o efeito do silício na proteção do cultivo do milho ao ataque de *Spodoptera frugiperda*, Goussain et al. (2002) constatou maior canibalismo em estágios iniciais do inseto praga, maior mortalidade nos 2º e 6º instar, e maior desgaste do aparelho bucal, quando alimentado com milho tratado com silício, comparado à testemunha sem silício. Os autores ainda constataram maior teor de silício nas folhas de milho que receberam este elemento. Antunes et al. (2010) constataram o aumento de *Dorus spp.*, inimigo natural de *S. frugiperda* em milho tratado com silício, quando comparado ao milho sem silício. Nascimento et al. (2014) constataram menor preferência e menor sobrevivência de *S. frugiperda* nos estágios iniciais em arroz quando aplicado silício tanto via solo como via foliar, quando comparado à testemunha, atribuindo à formação de camada de sílica sobre a epiderme. Oliveira et al.

(2017) identificam o silício como uma ferramenta para utilizar em conjunto com outras técnicas para controle de *S. frugiperda* em milho.

A casca de arroz apresenta elevado teor de silício (FOLETTTO et al., 2005), e por se tratar de um material abundante em diversas regiões, apresenta elevado potencial para uso agrícola, principalmente suas cinzas (CASTELLANOS et al., 2010; ISLABÃO, 2013). Desta forma, é evidente a necessidade de estudos sobre formas de utilização da casca de arroz e seus subprodutos na agricultura (ISLABÃO, 2013).

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F. M. C. rev. Et al . **Caderno dos Microrganismos Eficientes (EM)** Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. Universidade Federal de Viçosa. 2ed. 2011, 32p.
- ANTUNES, C. S.; MORAES, J. C.; ANTÔNIO, A.; SILVA, V. F. Influência da aplicação de silício na ocorrência de lagartas (Lepidoptera) e de seus inimigos naturais chaves em milho (*Zea mays* L.) e em girassol (*Helianthus annuus* L.). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 619-625, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de Agrotóxico Fitossanitário. AGROFIT**. Consulta aberta. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 17/11/2019.
- CAPELLESSO, A. J.; CAZELLA, A. A. Indicador de sustentabilidade dos agroecossistemas: estudo de caso em áreas de cultivo de milho. **Ciência Rural**, v. 43, n. 12, 2013.
- CAPORAL, F. R. Em defesa de um plano nacional de transição agroecológica: compromisso com as atuais e nosso legado com as futuras gerações. In: SAUER, S.; BALESTRO, M.V. (orgs) **Agroecologia e os desafios da transição agroecológica. 2ed. Expressão Popular. São Paulo**. 2013, p261-304.
- CASTELLANOS, C. I.; ROSA, M. P. D.; DEUNER, C.; BOHN, A.; BARROS, A. C.; MENEGHELLO, G. E. Aplicação ao solo de cinza de casca de arroz como fonte de silício: efeito na qualidade de sementes de trigo produzidas sob stresse salino. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, p. 95-104, 2016.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em 17/11/2019
- CRUZ, I.; BIANCO, R. Manejo de pragas na cultura de milho safrinha. In: Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE) In: **Seminário nacional de milho safrinha, 6.; Seminário nacional de pós colheita sag-mercosul, 2.; Simpósio em armazenagem qualitativa de grãos do Mercosul, 2.**, 2001, Londrina, PR. Valorização da produção e conservação de grãos no Mercosul: resumos e palestras. Londrina: FAPEAGRO, 2001. p.79-112
- CRUZ, I.; SANTOS, J. P.; WAQUIL, J. M. Principais pragas da cultura do Milho. 1982. p. 59-67. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/47161/1/Circ-4-Principais-pragas.pdf>>. Acesso em 27 de Junho de 2018.
- CRUZ, I. Manejo de pragas da parte aérea da cultura do milho. In: SANDINI, I. E.; FRANCELI, A. L. (ed.) **Milho: estratégias de manejo para a região sul**. Guarapuava. Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária. 2000. 209 p.
- CRUZ, J. C. et al. Produção de Milho na Agricultura Familiar. **Embrapa**. Circular Técnica 159, Sete Lagoas – MG, 2011, 42p.

CRUZ, J. C. et al. Produção de milho orgânico na agricultura familiar. **Embrapa**. Circular técnica 81. Sete Lagoas – MG, 2006, 17p.

DAYANANDAN, P.; KAUFMAN, P. B.; FRANKLIN, C. I. Detection of silica in plants. *American Journal of Botany*, v. 70, n. 7, 1983, p1079-1084.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000.

GASCHO, G. J. Silicon sources for agriculture. In: **Studies in Plant Science**. Elsevier, 2001. p. 197-207.

GOUSSAIN, M. M; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G. NOGUEIRA, N. L.; ROSSI, M. L. 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, 2002.

HANISCH, A. L.; FONSECA, J. A.; VOGT, G. A. Adubação do milho em um sistema de produção de base agroecológica: desempenho da cultura e fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 7(1); 2012, p176-186.

HIGA, T.; WIDIDANA, G. N. The concept and theories of effective microorganisms. In: **Proceedings of the first international conference on Kyusei nature farming**. US Department of Agriculture, Washington, DC, USA. 1991a. p. 118-124.

ISLABÃO, G. O. **Uso da cinza de casca de arroz como corretivo e condicionador do solo**. 2013. 80p. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Agronomia)-Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração: Solos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

KHATOUNIAN, C. A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Agroecológica. Botucatu. 2001. 348p.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de Silício: Solo, Planta e Fertilizante**. GPSi-ICIAG-UFU. Boletim técnico; 2ed. 2004, 34p.

KORNDÖRFER, G. H. Disponível em: dpv24.iciag.ufu.br Acesso em 05/11/2017

MACIEL, J. R. C. **Aplicação de silício no solo e resistência de híbridos de milho a larvas de *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae)**. 2018. 44 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, Câmpus Araras, Araras, 2018.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic, 1995.

MORATO, J. B.; CRUZ, I.; SILVA, R. B.; FIGUEIREDO, M. L. C.; REDOAN, A. C.; COSTA, J. V. B. Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em plantas de milho (*Zea mays* L.) adubadas com cama de frango. **Cadernos de Agroecologia**, [S.l.], v. 6, n. 2, 2011.

NASCIMENTO, A. M.; ASSIS, F. A.; MORAES, J. C.; SAKOMURA, R. Não preferência a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) induzida em arroz pela aplicação de silício. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.2, 2014, p.215-218.

OLIVEIRA, F.; VILELA, M.; MORAIS, J. C.; MENDES, S. M. Silício como estratégia para o manejo de *Spodoptera frugiperda*. **Embrapa Milho e Sorgo Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**. Sete Lagoas. 2017, 22p.

RESTREPO RIVERA, J.; HENSEL, J. **El ABC de la Agricultura Orgánica, Fosfitos y Panes de Piedras**: Manual práctico. Santiago de Cali, Colombia, Feriva, [2013?] 396 pag.

RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, A. P.; KORNDÖRFER, G. H. Silício: Um elemento benéfico e importante para as plantas. **Informações Agronômicas**, nº 134, 2011, p14-20,

ROEL, A. R.; SOARES, J. A. L.; PERUCA, R. D.; PEREIRA, L. C.; JADOSKI, C. J. Ocorrência em campo e desenvolvimento em laboratório de *Spodoptera Frugiperda* (J.E. Smith) (Noctuidae) em milho com adubação orgânica e química. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v.10, n.1, 2017, p.67-73.

SANGAKKARA, U. R. The technology of effective microorganisms – Case studies of application. **Royal Agricultural College**, Cirencester, UK Research Activities, 2002.

STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; TOLEDO, M V.; PORTZ R L.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; PASCHOLATI, S. F. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 10, n. 1, p. 18, 2011.

STUPINO S. A.; IERMANÓ, M. J.; GARGOLOFF, A.; BONICATTO, M. M. La Biodiversidad Em Los Agroecosistemas. In: **Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables**. Colección libros de cátedra. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. Capítulo, 5, p. 131-158, 2014. Disponível em <http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/3467/mod_resource/content/1/Capitulo%205%20biodversidad.pdf> Acesso em 10/09/2017.

SWIFT, M. J.; BIGNELL, D. E.; MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J. El inventario de la biodiversidad biológica del suelo: conceptos y guía general. Publicado em: **Manual de Biología de suelos tropicales**, México, 2012. pag. 29-52, disponível em <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30474382/cap1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1505071389&Signature=hN0dv7ViKiwcdQVS9VzJ%2BdVNM7QI%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEl_inventario_de_la_biodiversidad_biolog.pdf> Acesso em 10/09/2017.

TUAT, N. V.; TRINH, L. V. Role of effective microbes in integrated pest management programmes in Vietnam. In: SANGKKARA, U. R. et. al. (ed.) **SEVENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON KYUSEI NATURE FARMING**. Christchurch Polytechnic, Christchurch, New Zealand. 2002. p. 176 – 179. Disponível em: <http://www.infrc.or.jp/english/KNF_Data_Base_Web/PDF%20KNF%20Conf%20Data/C7-5-353.pdf>. Acesso em 04/11/2017.

VALICENTE, F. H. Manejo integrado de pragas na cultura do milho. **Circular Técnica**, v. 208, p. 1-13, 2015.

3 CAPÍTULO 1: O MANEJO DO SOLO, A UTILIZAÇÃO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES E ÁGUA DE VIDRO INFLUENCIAM O COMPORTAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE *Spodoptera frugiperda*?

RESUMO

Danos por pragas estão cada vez mais frequentes nos cultivos agrícolas. Apesar do elevado uso do controle químico, há uma crescente demanda para produtos de baixo impacto ambiental, onde os benefícios dos microrganismos eficientes (EM) e do silício (Si) na prevenção e controle de doenças e pragas, além da melhoria dos aspectos do solo, se encaixam perfeitamente. No milho a lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda* destaca-se como a principal praga. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a influência dos preparados de microrganismos eficientes e água de vidro no comportamento, mortalidade e desenvolvimento de *S. frugiperda* em milho cultivado em solos oriundos de sistemas de manejo orgânico e convencional de produção. Os experimentos foram realizados na Universidade Federal da Fronteira Sul/Campus Laranjeiras do Sul. Para isso foi cultivado milho varietal SCS 155 Catarina em vasos de 12 litros, em solos oriundos de sistema de manejo orgânico e convencional, onde realizou-se aplicação nestes solos, de EM sólido, EM líquido, água de vidro; EM sólido + água de vidro e EM líquido + água de vidro. Os EM's foram aplicados no momento da semeadura, enquanto a água de vidro foi aplicada 10 dias antes de montar os bioensaios. Aos 42 dias após a emergência, realizou-se a montagem dos experimentos, em placa de Petry forrada com papel filtro foi colocado segmento foliar e 10 lagartas para avaliação da mortalidade e canibalismo, e em copo plástico com tampa foi colocado segmento foliar e 1 lagarta para avaliar parâmetros biológicos de *S. frugiperda*. Realizou-se também a avaliação da respiração basal do solo e biomassa microbiana do solo em carbono a fim de determinar o quociente metabólico do solo (qCO_2). O comportamento canibal de *S. frugiperda* não alterou, enquanto a mortalidade foi alterada apenas pelo uso de EM sólido em solo de manejo convencional, superior ao EM líquido + água de vidro neste mesmo solo. Ainda neste solo, o EM sólido proporcionou menor tempo de desenvolvimento das lagartas, enquanto o EM líquido + água de vidro apresentou o maior tempo de desenvolvimento larval, de pupa, e maior peso de pupas. Em solo oriundo de manejo orgânico, os tratamentos não expressaram diferenças nos parâmetros biológicos de *S. frugiperda* avaliados. No solo oriundo de manejo convencional, os tratamentos aumentaram o qCO_2 , enquanto no solo de manejo orgânico mantiveram igual ou diminuiu. EM líquido associado à água de vidro em solo oriundo de manejo convencional retardaram o desenvolvimento larval e pupal de *S. frugiperda*, além de aumentar o índice de qCO_2 .

Palavras Chave: Lagarta-do-cartucho. Silício. Quociente metabólico do solo.

ABSTRACT

Pest damage is increasingly common in agricultural crops. Despite the high use of chemical control, there is a growing demand for products with low environmental impact, where the benefits of efficient microorganisms (EM) and silicon (Si) in the prevention and control of diseases and pests, in addition to improving soil aspects, fit perfectly. In corn, the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* stands out as the main pest. Given the above, the objective

was to evaluate the influence of the preparations of efficient microorganisms and glass water on the behavior, mortality and development of *S. frugiperda* in corn grown in soils originating from organic and conventional production management systems. The experiments were carried out at the Federal University of Fronteira Sul / Campus Laranjeiras do Sul. For this purpose, SCS 155 Catarina varietal corn was grown in 12-liter pots in soils originating from an organic and conventional management system, where application was made to these soils, solid EM, liquid EM, glass water; EM solid + glass water and EM liquid + glass water. The EM's were applied at the time of sowing, while the glass water was applied 10 days before setting up the bioassays. At 42 days after emergence, the experiments were set up, in a Petry plate lined with filter paper, a leaf segment and 10 caterpillars were placed to assess mortality and cannibalism, and in a plastic cup with a lid, a leaf segment and 1 caterpillar were placed. to evaluate biological parameters of *S. frugiperda*. Basal respiration of the soil and soil microbial biomass in carbon were also carried out in order to determine the soil metabolic quotient (qCO_2). The cannibal behavior of *S. frugiperda* did not change, while mortality was altered only by the use of solid EM in conventionally managed soil, superior to liquid EM + glass water in this same soil. Still in this soil, the solid EM provided less time for the development of the caterpillars, while the liquid EM + glass water presented the longest time of larval development, of pupa, and greater weight of pupae. In soil from organic management, the treatments did not express differences in the biological parameters of *S. frugiperda* evaluated. In the soil from conventional management, the treatments increased qCO_2 , while in the soil from organic management they kept the same or decreased. Liquid EM associated with glass water in soil from conventional management delayed the larval and pupal development of *S. frugiperda*, in addition to increasing the qCO_2 index.

Keywords: Fall armyworm. Silicon. Soil metabolic quotient.

3.1 INTRODUÇÃO

O controle de pragas em cultivos agrícolas têm se tornado preocupação constante do agricultor, devido à crescente incidência de danos nos cultivos agrícolas causados por estas, implicando diretamente nos custos de produção. Dentre as ferramentas disponíveis para o controle de pragas, o controle químico destaca-se como o mais empregado na atualidade, trazendo sérias consequências ao ambiente e à saúde humana. Por esta razão, há uma crescente demanda por alimentos produzidos sem agroquímicos sintéticos, associado ao interesse de um grupo cada vez maior de agricultores em utilizar esse sistema de produção.

Esta realidade é presente também na cultura do milho, que apresenta *Spodoptera frugiperda* como principal praga da cultura (CRUZ, 2000), onde para seu controle, há o registro de 209 inseticidas comerciais, dos quais a grande maioria é de origem química sintética (BRASIL, 2019), situação que limita as opções para os agricultores que cultivam em sistemas de produção orgânicos e agroecológicos.

Desta forma, é notável a necessidade de identificar novos meios para prevenção e controle de pragas em cultivos, a partir das realidades locais, com técnicas que os agricultores

tenham capacidade de se apropriar e dominar, para, a partir de então, poderem optar pelas que melhor se aplicam à realidade destes. Dentre as técnicas possíveis, podem-se avaliar os microrganismos eficientes (EM), que atuam na decomposição da matéria orgânica, produção de substâncias que estimulam o desenvolvimento das plantas e fortalecimento dos processos biológicos do solo (ANDRADE, 2011; RESTREPO, 2013), podendo estimular melhor nutrição dos cultivos, e estes, maior resistência ao ataque das pragas (CHABOUSSOU, 2006).

Outra alternativa para o controle de pragas é o uso do silício, principalmente na forma de silicatos, aplicado via solo ou foliar nos cultivos, opção que já têm apresentado resultados viáveis, principalmente em gramíneas (RODRIGUES et al., 2011). Pelo silício ser um elemento abundante na crosta terrestre (KÖRNDORFER et al., 2004), há a necessidade de identificar fontes acessíveis deste material para uso em cultivos agrícolas. Alguns preparados já são utilizados por agricultores, a partir de materiais locais, principalmente na proteção de plantas, como cinzas, extratos e restos de plantas ricas em silício (LIMA FILHO, 2009). A água de vidro consiste num preparado a partir da cinza da casca de arroz, com o propósito da proteção dos cultivos à incidência de pragas e doenças. Como principal componente desta, a cinza da casca de arroz fornece principalmente silício. Porém pouco se conhece sobre suas características. Com uma demanda cada vez maior de uso de insumos desenvolvidos localmente e de baixo custo, pesquisar sobre a eficiência deste preparado visa aumentar as alternativas disponíveis de uso do Si na proteção de plantas.

Diante do exposto, objetiva-se avaliar a influência dos preparados de microrganismos eficientes e água de vidro no comportamento, mortalidade e desenvolvimento de *S. frugiperda* em milho cultivado em solos oriundos de sistemas de manejo orgânico e convencional de produção.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Delineamento experimental

Os bioensaios foram realizados no Laboratório de Entomologia e na casa de vegetação da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul-PR. Utilizou-se cultivar de milho varietal SCS 155 Catarina, cultivada em sistema orgânico de produção.

Para o cultivo do milho, utilizaram-se solos provenientes de duas propriedades distintas, uma em manejo orgânico, e outra de manejo convencional. Os tratamentos foram: Testemunha; Microrganismos Eficientes (Effective Microorganisms – EM) em forma sólida;

EM em forma líquida; Água de vidro, Água de vidro + EM via sólida e Água de vidro + EM via líquida (Tabela 1). As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade de doze litros, mantidos em casa de vegetação com temperatura de 22 ± 2 °C e irrigadas por aspersão 3 vezes ao dia por 2 minutos, com lâmina de água diária de aproximadamente 1 mm. O delineamento experimental foi em esquema fatorial com 2 tipos de solo e 6 tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1: Descrição dos tratamentos aplicados em milho cultivado em solos oriundos de manejo orgânico e convencional.

TRATAMENTO	DESCRIÇÃO
T1	Testemunha
T2	EM sólido
T3	EM líquido
T4	Água de vidro
T5	EM sólido + água de vidro
T6	EM líquido + água de vidro

3.2.2 Obtenção e preparo do solo agroecológico e convencional

Os solos foram coletados em duas unidades de produção localizadas no município de Laranjeiras do Sul, uma conduzida em sistema agroecológico, atendendo as conformidades do sistema orgânico, e outra em sistema convencional de produção. Os solos coletados foram encaminhados para análise em laboratório credenciado na Comissão Estadual de Laboratórios de Análises Agrônomicas, do Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, e a partir desta definiu-se a correção e adubação, conforme a demanda da cultura, segundo recomendações do Manual para Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (SBCS/NEPAR, 2017).

Realizou-se a correção do solo oriundo da unidade de produção em manejo agroecológico com calcário, acrescentando 14,7g por vaso, quantidade equivalente de 2477kg/ha. Para adubação em ambos os solos foi aplicado: 30g/vaso de adubo orgânico comercial a partir da compostagem de cama de aves; 1g/vaso de fosfato natural; 0,695g/vaso e 0,357g/vaso de sulfato de potássio: em solo de manejo orgânico e convencional, respectivamente, e 43mg/vaso de bórax.

O cultivo do milho foi realizado em casa de vegetação, utilizando vasos de polietileno com capacidade de 12 litros, com a semeadura de oito sementes por vaso, onde após a

emergência, procedeu-se com o desbaste, deixando apenas quatro plantas por vaso. Visando atender a demanda de alimento das lagartas, foram utilizados 7 vasos por tratamento, totalizando 84 vasos, sendo realizada distribuição dos mesmos de forma inteiramente casualizada.

3.2.3 Obtenção e criação da espécie *Spodoptera frugiperda*

Lagartas de *Spodoptera frugiperda* foram coletadas em propriedades agrícolas do município de Laranjeiras do Sul, a fim de obter uma população base para início da criação. Após a coleta, as lagartas foram levadas ao laboratório de Entomologia, onde foram individualizadas em copos plásticos (50 mL), com oferta de alimento até a obtenção dos adultos da espécie.

Posteriormente, a criação de *S. frugiperda* foi realizada, conforme metodologia de Pomari (2013), onde adultos de *S. frugiperda* foram mantidos em gaiolas de tubos de PVC (10 cm de diâmetro x 20 cm altura) na proporção de dois casais por gaiola. Estas gaiolas foram colocadas individualmente sobre caixas tipo gerbox, forradas com papel filtro; mantidas cobertas na parte superior com tecido tipo voil preso por elástico e forradas com papel sulfite para permitir a oviposição. A alimentação dos adultos foi realizada com solução aquosa de mel a 10%, colocada em recipiente de plástico com capacidade para 25 ml sem tampa. Através da abertura foi colocado um rolete de algodão que, por capilaridade, permitiu a alimentação dos insetos. Para evitar a fermentação e/ou contaminação do alimento com microrganismos, este foi renovado diariamente. As folhas de sulfite contendo posturas foram retiradas diariamente, individualizadas por meio do recorte do papel, e mantidas em copos plásticos de 100 ml contendo 5 g de dieta artificial desenvolvida por Kasten Junior et. al. (1978) (Tabela 1).

Os copos foram vedados com tampa plástica e mantidos em sala climatizada ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR: $70\pm 10\%$ e Fotofase de 12h), até as lagartas atingirem o 3^o instar. Em função do canibalismo acentuado presente nesta espécie, principalmente a partir do 3^o instar, as lagartas neste estágio foram transferidas individualmente para copos plásticos (capacidade 50 mL) com 5 mm da sua altura preenchida com dieta artificial, sendo vedados com papel cartão. Esses copos foram mantidos em salas climatizadas ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR de $70\pm 10\%$ e Fotofase 12 h) até a formação das pupas. As pupas foram então retiradas dos copos e separadas por sexo para a formação de novas gaiolas.

Tabela 2: Composição da dieta artificial desenvolvida por Kasten Jr et al. (1978).

Ingrediente	Quantidade
Feijão carioca	165 g
Germe de trigo	79,20 g
Levedura de cerveja	50,50 g
Benzoato de sódio	1,65 g
Nipagin	3,15 g
Ácido ascórbico	5,10 g
Formol (10%)	12,50 ml
Ágar	25,50
Água destilada	1195 ml

Fonte: Kasten Júnior et al., 1978.

3.2.4 Obtenção e multiplicação dos microrganismos eficientes

3.2.4.1 Obtenção e multiplicação dos microrganismos eficientes em forma sólida

Para coleta e multiplicação do material, utilizou-se metodologia proposta por Restrepo (2013). Para tanto, coletou-se na área de bosque nativo situado ao lado da área experimental de culturas anuais da UFFS Laranjeiras do Sul, folhas em decomposição, dando preferência aos materiais bem inoculados, de coloração branca, creme, laranja, marrom e café, e cheiro característico de bosque úmido, evitando folhas verdes e materiais recém-depositados.

Para sua multiplicação, utilizou-se 4 kg do material vegetal de bosque em decomposição, 3,6 kg de farelo de trigo, 1,3 kg de farelo de soja, que foram misturados até homogeneizar, e em seguida foi adicionado melado de cana-de-açúcar, sendo 1,2 kg de açúcar mascavo dissolvido em 500 ml de água, e aproximadamente 1,2 l de água, quantidade suficiente para alcançar 55-60 % de umidade da mistura, medido por meio da prova do punho, onde ao apertar um punhado, formou um torrão fácil de desmanchar, sem escorrer água pela mão, sendo posteriormente revolvido até formar uma mistura homogênea. Em seguida, em um recipiente plástico com fecho hermético, capacidade 50 litros, acondicionou-se a mistura, aos poucos, compactando-a, para extrair ao máximo o ar, sendo o recipiente fechado e mantido à sombra em repouso por trinta dias. A aplicação foi realizada no momento da sementeira, com a incorporação de 1g por vaso.

3.2.4.2 Obtenção e multiplicação dos microrganismos eficientes em forma líquida

Desenvolvido de acordo com o descrito por Andrade et al. (2011), segundo protocolo da Fundação Mokiti Okada. A elaboração demandou de duas etapas, sendo: a captura com o uso de arroz cozido, que consistiu em cozinhar aproximadamente 700 gramas de arroz sem tempero, colocar em bandeja plástica, coberto com tecido voile para proteção, e acondicionado no solo de uma mata virgem, cobrindo-o com matéria orgânica. Após 11 dias, o material foi recolhido, onde selecionou-se as partes de arroz com colorações rosada, azulada, amarelada e alaranjada, característico da presença dos microrganismos eficientes. As partes com coloração cinza, marrom e preto foram descartadas.

A segunda etapa consistiu em ativar os Microrganismos Eficientes através da multiplicação por meio de fermentação. Para isso, colocou-se as partes selecionadas do arroz colonizado divididas em 4 garrafas PET com capacidade entre 2 e 2,5 litros, adicionou-se 250 ml de melado de cana-de-açúcar (1 kg de açúcar mascavo dissolvido em 500 ml de água não tratada), e completou-se o volume com água não tratada. As garrafas foram hermeticamente fechadas, e acondicionadas à sombra. A cada 2 dias, realizou-se o processo de retirada do gás, para isso, abriu-se as garrafas com cautela até iniciar a liberação do gás, tomando o cuidado para não permitir entrada de ar. Quando não houve mais liberação de gás do recipiente, considerou-se que o EM estava pronto para uso. O mesmo apresentava coloração alaranjada e cheiro doce agradável, características desejáveis na elaboração do EM. A aplicação foi realizada no momento da semeadura, por meio da incorporação de 1 mL de EM diluído em 100 mL de água não tratada em cada vaso.

3.2.5 Obtenção da fonte de silício

Realizou-se o tratamento com silício utilizando um preparado denominado água de vidro, produzido a partir da cinza da casca de arroz. Realizou-se a combustão lenta da casca de arroz até a obtenção da cinza. Esta cinza foi dissolvida em água quente, na proporção de 4 partes de cinza para 20 partes de água, deixou-se esfriar até temperatura ambiente e completou-se com 80 partes de água fria. Posteriormente, deixou-se em decantação para separação do sólido, onde utilizou-se a parte líquida.

Para calcular a dose de aplicação, realizou-se a estimativa de silício solúvel na água de vidro, por meio da adaptação do método azul para silício em fertilizante descrito por Korndörfer et al. (2004) baseado no trabalho de Pereira et al. (2003), onde pesquisaram possíveis métodos para quantificação de silício em fertilizantes. Utilizou-se como padrão o produto comercial dióxido de silício precipitado Diatom®, com diluições em 1000, 100 e 10

ppm de silício, considerando as informações técnicas do fabricante, que informa que o mesmo apresenta 98% de SiO₂, definiu-se as concentrações considerando que 2,1393g de SiO₂ possui 1g de Si, diluído em água destilada, para elaboração da curva padrão, a partir da qual permitiu estimar a concentração deste na água de vidro, esta diluída nas concentrações 10⁻¹ e 10⁻². A diluição final foi realizada em copo plástico com 50mL de capacidade, onde colocou-se a quantidade de amostra + água destilada correspondente à diluição, totalizando 20 mL, em seguida adicionou-se 1mL de ácido sulfúrico 18N 75g/L, e 5mL da solução de molibdato de amônio 50g/L, aguardou-se por 10 minutos e adicionou-se 5mL de ácido tartárico 200g/L, e após 5 minutos adicionou-se 10 ml de solução de ácido ascórbico 3g/L, aguardando 1 hora para realizar leitura de absorvância em comprimento de onda de 660 nm.

Definiu-se a dosagem de aplicação da água de vidro em função da estimativa da disponibilidade de silício total na mesma, tomando como referência o trabalho de Goussain et al. (2002), que utilizou 16 ml de solução de silicato de sódio a 25-28% (p/v) de SiO₂. A partir da estimativa da disponibilidade de silício na água de vidro, constatou-se que a mesma dispõe de 2,2g/silício/L. Desta forma definiu-se por utilizar 600 ml da mesma por vaso, aplicando diretamente ao solo, o que forneceu uma quantidade estimada de 1,32g de silício por vaso. A aplicação foi realizada no solo, aos 32 dias após a emergência, 10 dias antes da montagem dos bioensaios.

3.2.6 Quociente metabólico do solo (qCO₂)

Solo de 3 vasos por tratamento foi coletado e posteriormente peneirado, em seguida divididos em 3 repetições, e utilizados para realizar as análises de respiração basal do solo e biomassa microbiana em carbono.

A determinação da umidade e capacidade de retenção de água do solo foi realizada conforme metodologia descrita por Monteiro e Frighetto (2000). foram pesados em duplicata aproximadamente 20 g de solo úmido, e colocados em estufa a 105°C por 24 horas para secagem. Após este período, pesou-se o solo seco, determinando a umidade pela diferença de massa antes e depois de secado.

Para determinar a capacidade de retenção de água do solo, utilizou-se a metodologia descrita por Monteiro e Frighetto (2000), onde pesou-se em duplicata 20 g de solo com umidade natural, colocou-se sobre papel filtro acondicionado em funil de filtração, montado sobre frasco coletor previamente pesado. Adicionou-se, gradativamente, 100 g de água destilada, e deixou-se por uma noite, coberto com filme de plástico, tanto o funil como o

recipiente, para evitar a evaporação. Passado o tempo em repouso, liberou-se as últimas gotas de água que ficaram na haste do funil, e pesou-se o recipiente coletor em balança analítica. Realizou-se o mesmo procedimento com as testemunhas, porém sem o solo. Calculou-se a capacidade de retenção em % pela fórmula: % capacidade de retenção = $\{ [(100 - W_p) + W_i] / dwt * 100 \}$; onde W_p – peso da água percolada; W_i – conteúdo de água existente inicialmente na amostra; e dwt – peso seco do solo.

3.2.6.1 Respiração basal do solo em recipiente fechado

Para determinar a respiração basal do solo, utilizou-se a metodologia desenvolvida por Isermeyer (1952) apud Alef (1995), que consiste em estimar o dióxido de carbono (CO_2) a partir da sua liberação na incubação do solo em sistema fechado. O CO_2 é retido pela solução de hidróxido de sódio (NaOH), o qual é titulado com solução de ácido clorídrico (HCl).

Em um becker, foi pesado 50 gramas de solo peneirado e ajustado à capacidade de retenção de água de 60%, e colocado este em um recipiente em vidro de 600 ml de capacidade. Foi adicionado 25 mL de NaOH a 0,05M e o recipiente foi fechado em seguida, com plástico filme, impedindo a entrada de ar, e acondicionado por 3 dias em câmara tipo BOD a 25°C. Realizou-se o mesmo procedimento com o branco, sem adição do solo.

Após o período de incubação, o recipiente foi aberto, retirou-se o becker com o solo de dentro, enxaguando o exterior deste com água destilada, no recipiente de vidro foi adicionado 5 ml de cloreto de bário ($BaCl_2$) a 0,5M e algumas gotas de indicador fenolftaleína. Foi titulado com HCl a 0,05M utilizando uma bureta graduada, até mudança de cor do rosado para incolor. Calculou-se a respiração do solo pela equação: $CO_2(mg)/SW/t = \{ [(V_0 - V) * 1,1726] / dwt \}$, onde SW : peso do solo seco, em gramas; V_0 : volume de HCl utilizado para titular o branco, em mL; V : volume de HCl utilizado na amostra de solo, em mL; dwt : peso seco de 1 g de solo úmido; e 1,1726: fator de conversão onde 1 mL de NaOH a 0,0533M equivale a 1,1726 mg CO_2 , constante esta definida a partir da massa molecular dos elementos e concentração real utilizada na análise.

3.2.6.2 Análise da biomassa microbiana do solo em carbono

Para determinação da biomassa microbiana do solo, utilizou-se o método de fumigação-extração, desenvolvido por Vance et al. (1987) apud Frighetto (2000).

Para a fumigação do solo, foi acondicionado 25 g de solo, acrescido da umidade encontrada, em um becker de 100 mL de capacidade, em triplicata, e foi colocado em dessecador forrado com papel filtro umedecido com água destilada. No centro do dessecador foi colocado um becker com 25 mL de clorofórmio lavado (livre de etanol) para fumigação, fazendo vácuo por alguns minutos, e foi deixado no escuro por 24 horas. Após este período, foi evacuado todo o vapor de clorofórmio, fazendo-se sucessivamente vácuo e entrada de ar, sempre em capela de exaustão.

Os solos contidos nos béqueres foram transferidos para frascos plásticos com tampa rosqueável, onde foi adicionado 100 mL de solução aquosa de sulfato de potássio (K_2SO_4) a 0,5M, agitando por 30 minutos em mesa orbital. Foi deixado decantar por 12 horas e filtrado o sobrenadante sobre papel filtro qualitativo 80 gramas. O extrato foi armazenado em geladeira até sua utilização para análise, por duas semanas, para então realizar a etapa seguinte.

Para o preparo do extrato do solo não fumigado, foi pesado 25 g de solo, acrescido da quantidade relativa à umidade encontrada, em frasco plástico com tampa rosqueável, e proceder diretamente à extração, com adição de 100 mL da solução aquosa de K_2SO_4 a 0,5 M, agitando por 30 minutos em agitador orbital, deixado decantar por 12 horas e filtrado o sobrenadante. O extrato foi armazenado em geladeira até sua utilização para análise, por duas semanas, para então realizar a etapa seguinte.

Para determinação da biomassa microbiana do solo em carbono, foi pipetado 8 mL do extrato do solo em um tubo digestor, acrescentado 2 mL de dicromato de potássio 66,7 mM, e 15 mL de ácido sulfúrico/fosfórico (2:1). Os tubos foram colocados em bloco digestor por 30 minutos à 100 °C, em capela de exaustão. Após este período, foi deixado esfriar e transferido o volume dos tubos para um Erlenmeyer de 125 mL. Os tubos foram enxaguados com água destilada e completou-se o volume do Erlenmeyer até 50 mL. Foram adicionadas 7 gotas de indicador ferroína e realizada a titulação com sulfato ferroso amoniacal padronizado a 0,0333 M, utilizando bureta graduada de 50 mL. A solução inicial é verde, e à medida que vai adicionando o titulante, passa para o azul-claro, e o ponto final é determinado pelo aparecimento da coloração vermelho intenso.

O cálculo da biomassa microbiana do solo em carbono (VANCE et al., 1987; JOERGENSEN, 1996) foi descrito por Frighetto (2000), dividido em três etapas. A fórmula utilizada para concentração no extrato ($\mu\text{g mL}^{-1}$) foi: $= \{[(H - S) / C] * [(M * D / A) * E * 1000]\}$; onde: H: volume (mL) branco quente; S: volume (mL) solução sulfato ferroso consumido pela amostra; C: volume (mL) branco frio; M: molaridade do dicromato de potássio consumido; D: volume (mL) do dicromato adicionado à mistura; A: volume (mL) da

alíquota do extrato; E: conversão de Cr+6 para Cr+3. Fórmula utilizada para calcular a concentração no solo utilizado para elaboração do extrato ($\mu\text{g g}_{\text{solo}}^{-1}$): $= \{C(\mu\text{g/mL}) * [K / (DW + W)]\}$. Onde: K: volume de extração; DW: peso seco; W: % de água. Fórmula para cálculo da biomassa em carbono do solo ($\mu\text{g} / \text{g}_{\text{solo}}^{-1}$): $= \{Ec (F - NF)/0,38\}$. Onde: Ec: diferença entre a concentração em $\mu\text{g} / \text{g}_{\text{solo}}^{-1}$ do fumigado e do não fumigado.

3.2.6.3 Quociente metabólico do solo

Com os valores obtidos da respiração basal do solo em ambiente fechado e da biomassa microbiana do solo em carbono, procedeu-se com a determinação do quociente metabólico do solo ($q\text{CO}_2$), por meio da equação: $\{q\text{CO}_2 = \text{RBS} / \text{BMS-C}\}$ (TÓTOLA; CHAER, 2002).

3.2.7 Bioensaio 1: Sobrevivência de *Spodoptera frugiperda*

O delineamento foi inteiramente casualizado com 12 tratamentos e 20 repetições. Cada repetição constituiu uma placa de Petri de 9 cm de diâmetro, com fundo revestido com papel filtro, onde colocou-se uma seção foliar de 8 cm de comprimento. Sobre a folha foram liberadas 10 lagartas em segundo instar. As lagartas permaneceram neste conjunto até atingirem o 3º instar. O experimento foi mantido em câmara climatizada regulada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, fotofase de 12 h e umidade relativa de $70 \pm 10\%$. Foram avaliados a mortalidade e o canibalismo ao final do 2º instar, onde considerou-se lagartas mortas àquelas que apresentavam o corpo sem mutilação. O canibalismo foi considerado quando as lagartas mortas estavam mutiladas ou foi encontrada somente a capsula cefálica.

3.2.8 Bioensaio 2: Parâmetros biológicos de *S. frugiperda*

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 12 tratamentos e 4 repetições, onde cada parcela foi composta por 5 copos. Cada copo plástico (100 ml) com tampa, foi forrado com papel filtro umedecido, no qual colocou-se um pedaço de folha de aproximadamente 4cm^2 e uma lagarta recém-emergida (até 24 h). As seções foliares foram trocadas diariamente, ofertando-se alimento “*ad libitum*”. Os copos foram mantidos em câmara climatizada regulada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, fotofase de 12 h e umidade relativa de $70 \pm 10\%$.

Foram avaliados: duração da fase larval e pupal; mortalidade em cada instar, peso de pupas (24 h após a transformação), razão sexual, fecundidade, fertilidade e longevidade de adultos.

3.2.9 Análise estatística

Todos os resultados dos bioensaios foram submetidos às análises exploratórias para avaliar as pressuposições de normalidade dos resíduos (SHAPIRO; WILK, 1965), a homogeneidade de variância dos tratamentos e a aditividade do modelo (BURR; FOSTER, 1972), para permitir a aplicação da ANOVA. As médias que atenderam aos pressupostos paramétricos foram comparadas pelo teste de Tukey e teste “t” com 5% de probabilidade de erro. Quando o coeficiente de variação foi muito elevado (superior à 30%), a análise foi realizada com os dados transformados pela Raiz quadrada de $Y + 1.0 - \text{SQRT}(Y + 1.0)$.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Quociente metabólico do solo ($q\text{CO}_2$)

Para a respiração basal do solo, em solo de manejo orgânico, o EM líquido (T3) apresentou o maior índice, igualando apenas com a testemunha (T1), sendo maior que o EM sólido (T2), a água de vidro (T4), EM sólido com água de vidro (T5) e EM líquido com água de vidro (T6) (Tabela 3). Já no solo oriundo de manejo convencional, todos os tratamentos proporcionaram uma maior respiração basal do solo que a testemunha (T1), com destaque para o EM sólido em conjunto com água de vidro (T5), que foi maior que o EM sólido (T2) e a água de vidro (T4) aplicados isoladamente (Tabela 3). Avaliando a influência do tipo de manejo do solo anterior à realização do trabalho, percebe-se que na testemunha (T1) o solo de manejo orgânico apresentou uma maior taxa de respiração basal do solo, enquanto a que o uso do EM, tanto o sólido quanto o líquido, associado à água de vidro, proporcionou maior índice de RBS no solo de manejo convencional (Tabela 3).

Ao avaliar a biomassa microbiana do solo em carbono (BMS-C), foi possível constatar diferença apenas no uso de água de vidro (T4), quando realizada em solo de manejo orgânico, sendo maior que a testemunha (T1), EM sólido (T2), EM líquido (T3) e EM sólido com água de vidro (T5) (Tabela 3). Ao utilizar solo de manejo convencional, não foi observado diferença entre os tratamentos, sendo que o tipo de manejo do solo também não influenciou sobre os tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3: Biomassa microbiana em carbono, respiração basal do solo e quociente metabólico.

TRAT.	RBS (mgCO ₂ /kgsolo/h)		BMS-C(mgCmicrobiano/kgSolo)		QCO ₂	
	S. ORG.	S.CONV.	S. ORG.	S.CONV.	S. ORG.	S.CONV.
T1	21,90 ± 0,24 Aa	16,67 ± 0,32 Cb	32,19 ± 0,89 Ba	37,45 ± 1,85 Aa	0,68 ± 0,01 ABa	0,45 ± 0,02 Bb
T2	17,24 ± 0,60 Ba	20,15 ± 1,22 Ba	26,48 ± 3,50 Ba	33,02 ± 1,75 Aa	0,67 ± 0,07 ABa	0,62 ± 0,07 ABa
T3	23,23 ± 0,51 Aa	22,06 ± 0,61 ABa	31,00 ± 2,25 Ba	33,25 ± 1,51 Aa	0,76 ± 0,06 Aa	0,67 ± 0,05 ABa
T4	19,08 ± 0,46 Ba	20,21 ± 0,15 Ba	45,78 ± 3,63 Aa	40,81 ± 8,72 Aa	0,42 ± 0,02 CDa	0,54 ± 0,10 ABa
T5	17,81 ± 0,29 Bb	23,55 ± 0,31 Aa	32,58 ± 2,83 Ba	31,22 ± 1,35 Aa	0,55 ± 0,04 BCb	0,76 ± 0,02 Aa
T6	11,79 ± 0,68 Cb	22,35 ± 0,30 ABa	34,87 ± 1,85 ABa	30,84 ± 1,82 Aa	0,34 ± 0,01 Db	0,73 ± 0,05 Aa
CV (%)	4,91	5,20	11,87	19,65	9,34	15,61

Médias ± EP seguidos pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. Médias ± EP seguidos pela mesma letra minúscula na linha dentro do aspecto não diferem entre si pelo Teste t (LSD) a 5% de significância. BMS-C: Biomassa microbiana do solo em carbono; RBS: respiração basal do solo; qCO₂: quociente metabólico do solo; S. ORG.: Solo manejo orgânico; S. CONV: Solo manejo convencional; T1: Testemunha; T2: EM sólido; T3: EM líquido; T4: água de vidro; T5: EM sólido + água de vidro; T6: EM líquido + água de vidro.

Analisando o quociente metabólico do solo (qCO₂), quando aplicado os tratamentos em solo de manejo orgânico, o EM líquido apresentou índice maior que os tratamentos que utilizaram água de vidro, (T4: água de vidro; T5: EM sólido + água de vidro e T6: EM líquido + água de vidro). O EM líquido associado à água de vidro (T6) apresentou o menor índice de qCO₂, menor que os demais, e o uso de água de vidro apenas apresentou índice menor que a testemunha e o EM sólido (Tabela 3). Já no solo oriundo de manejo convencional, a testemunha (T1) apresentou índice menor que o uso de EM, sólido ou líquido, associado à água de vidro (T5 e T6) (Tabela 3). Avaliando os tratamentos nos diferentes solos, observa-se que na testemunha, o solo de manejo orgânico apresentou um índice de qCO₂ maior que o solo de manejo convencional, enquanto o uso de EM, tanto o sólido quanto o líquido, associado à água de vidro, resultou num maior qCO₂ no solo de manejo convencional (Tabela 3).

3.3.2 Sobrevivência de *Spodoptera frugiperda*

Ao avaliar a mortalidade de lagartas de 2º instar, pôde-se observar, que em solo oriundo de manejo orgânico, os tratamentos não diferiram, enquanto em solo oriundo de manejo convencional, o EM sólido (T2) apresentou um índice maior de mortalidade que o uso de EM líquido associado à água de vidro (T6) (Tabela 4). O tipo de solo não provocou diferença nos índices de mortalidades nos tratamentos utilizados (Tabela 4).

Tabela 4: Mortalidade e canibalismo de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de milho tratadas com microrganismos eficientes (EM) e água de vidro.

TRAT.	Mortalidade		Canibalismo	
	S ORG. (n°)	S CONV. (n°)	S ORG. (n°)	S CONV. (n°)
T1	1,15 ± 0,23 Aa	0,95 ± 0,31 ABa	0,40 ± 0,15 ^{ns}	0,50 ± 0,18 ^{ns}
T2	1,05 ± 0,22 Aa	1,50 ± 0,24 Aa	0,50 ± 0,17	0,75 ± 0,19
T3	1,10 ± 0,19 Aa	1,30 ± 0,16 ABa	0,40 ± 0,11	0,75 ± 0,23
T4	0,70 ± 0,13 Aa	0,74 ± 0,19 ABa	0,95 ± 0,20	0,85 ± 0,15
T5	1,00 ± 0,32 Aa	0,80 ± 0,20 ABa	1,00 ± 0,19	0,80 ± 0,17
T6	0,85 ± 0,20 Aa	0,60 ± 0,15 Ba	0,95 ± 0,22	0,60 ± 0,18
CV (%)	25,12	24,21	22,61	22,73

Médias ± EP seguidos pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. Médias ± EP seguidos pela mesma letra minúscula na linha dentro do aspecto não diferem entre si pelo Teste t (LSD) a 5% de significância. ^{ns}Não significativo na coluna e na linha. Análise com dados transformados pela Raiz quadrada de $Y + 1.0 - \text{SQRT}(Y + 1.0)$. S. ORG.: Solo manejo orgânico; S. CONV.: Solo manejo convencional; T1: testemunha; T2: EM sólido; T3: EM líquido; T4: água de vidro; T5: EM sólido + água de vidro; T6 EM líquido + água de vidro.

Referente ao canibalismo entre lagartas em segundo instar, os tratamentos não influenciaram o comportamento das lagartas, situação igual para o tipo de solo, onde não foi possível perceber diferenças entre os tratamentos aplicados (Tabela 4).

3.3.3 Parâmetros biológicos de *S. frugiperda*

Os índices de mortalidade durante as fases larval e de pupa não diferiram estatisticamente, (Tabela 5).

Tabela 5: Mortalidade (%) de *Spodoptera frugiperda* na fase larval e de pupa.

TRAT.	LAGARTA		PUPA		TOTAL	
	S. ORG. (%)	S. CONV. (%)	S. ORG. (%)	S. CONV. (%)	S. ORG. (%)	S. CONV. (%)
T1	35,00 ^{ns}	35,00 ^{ns}	10,00 ^{ns}	20,00 ^{ns}	45,00 ^{ns}	55,00 ^{ns}
T2	15,00	30,00	5,00	35,00	20,00	65,00
T3	35,00	20,00	15,00	20,00	50,00	40,00
T4	35,00	35,00	30,00	20,00	65,00	55,00
T5	50,00	40,00	10,00	45,00	60,00	85,00
T6	45,00	60,00	15,00	5,00	60,00	65,00
C.V. (%)	52,15	56,98	111,54	67,88	46,68	39,35

^{ns}Médias não diferem na coluna pelo teste Tukey à 5% de probabilidade, e na linha pelo Teste t (LSD) a 5% de probabilidade. Análise com dados transformados pela função $y = \arcsen \sqrt{P\%/100}$. S.ORG.: Solo manejo orgânico; S. CONV.: Solo manejo convencional; T1: testemunha; T2: EM sólido; T3: EM líquido; T4: água de vidro; T5: EM sólido + água de vidro; T6 EM líquido + água de vidro.

Na duração da fase larval de *S. frugiperda*, em solo de manejo orgânico, os tratamentos não apresentaram diferenças, enquanto em solo de manejo convencional, o EM líquido + água de vidro apresentou o maior período de desenvolvimento, sendo maior que o da água de vidro (T4), EM sólido (T2) e testemunha (T1). O EM sólido apresentou duração menor que o EM líquido (T3) e EM sólido + água de vidro (T5). Em solo de manejo convencional, o EM líquido (T3), a água de vidro (T4) e o EM líquido + água de vidro (T6) proporcionaram maior tempo de desenvolvimento das lagartas, em relação ao solo de manejo orgânico (Tabela 6).

Tabela 6: Duração da fase larval e de pupa e total em dias de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de milho tratado com microrganismos eficientes (EM) e silício.

TRAT.	LAGARTA		PUPA		TOTAL	
	S. ORG	S.CONV.	S. ORG	S.CONV.	S. ORG	S.CONV.
T1	16,65 ± 0,82 Aa	18,22 ± 0,42 BCa	13,00 ± 0,49 Aa	13,71 ± 0,34 Aa	29,58 ± 1,02 Aa	31,38 ± 0,52 Ba
T2	16,07 ± 0,24 Aa	15,90 ± 0,48 Ca	13,35 ± 0,59 Aa	13,58 ± 0,46 Aa	29,42 ± 0,82 Aa	29,67 ± 0,33 Ba
T3	16,64 ± 0,50 Ab	19,08 ± 0,49 ABa	13,75 ± 0,75 Aa	13,81 ± 0,37 Aa	30,37 ± 1,23 Aa	32,53 ± 0,70 ABa
T4	16,50 ± 0,07 Ab	18,46 ± 0,34 BCa	12,50 ± 0,65 Aa	13,88 ± 0,13 Aa	28,75 ± 1,03 Aa	31,75 ± 0,32 Ba
T5	18,90 ± 0,89 Aa	19,61 ± 0,68 ABa	14,08 ± 0,67 Aa	13,50 ± 0,50 Aa	32,67 ± 1,53 Aa	31,00 ± 1,00 Ba
T6	18,31 ± 0,70 Ab	21,75 ± 1,01 Aa	13,67 ± 0,44 Ab	15,00 ± 0,71 Aa	31,08 ± 1,50 Aa	35,33 ± 1,03 Aa
CV (%)	7,51	6,79	8,50	6,17	7,18	4,00

Médias ± EP seguidos pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. Médias ± EP seguidos pela mesma letra minúscula na linha dentro do aspecto não diferem entre si pelo Teste t (LSD) a 5% de significância. S.ORG.: Solo manejo orgânico; S. CONV.: Solo manejo convencional; T1: testemunha; T2: EM sólido; T3: EM líquido; T4: água de vidro; T5: EM sólido + água de vidro; T6 EM líquido + água de vidro.

A duração da fase de pupa não apresentou diferença entre os tratamentos utilizados, tanto em solo oriundo de manejo orgânico como em solo oriundo de manejo convencional. Ao avaliar a influência do manejo prévio do solo sobre os tratamentos, apenas no EM líquido + água de vidro (T6) o solo influenciou, sendo que o solo de manejo convencional proporcionou uma duração da fase de pupa maior que o solo de manejo orgânico (Tabela 6).

A duração total (lagarta-adulto) não apresentou diferenças entre os tratamentos aplicados no solo oriundo do sistema de manejo orgânico. Quando aplicados no solo oriundo de manejo convencional, o uso de EM líquido associado à água de vidro apresentou tempo de desenvolvimento superior que a testemunha, o EM sólido, a água de vidro e o EM sólido associado a água de vidro, igualando-se apenas com o EM líquido (Tabela 6).

Para o peso de pupas, o solo oriundo de manejo orgânico não provocou diferença entre os tratamentos utilizados. Já em solo oriundo de manejo convencional, o EM líquido em conjunto com a água de vidro (T6) proporcionou um peso de pupas maior que o EM sólido (T2). As diferentes origens do solo proporcionou diferença apenas quando utilizado o EM líquido em conjunto com a água de vidro (T6), onde o solo de manejo convencional proporcionou um peso de pupas superior em relação ao solo de manejo orgânico (Tabela 7).

Tabela 7: Peso de pupas (g), longevidade (dias) e razão sexual de adultos de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de milho tratado com microrganismos eficientes (EM) e silício.

TRAT.	PESO DE PUPA		LONGEVIDADE ADULTOS		RAZÃO SEXUAL	
	S. ORG	S.CONV.	S. ORG. *	S.CONV.*	S. ORG.*	S.CONV.*
T1	0,21 ± 0,01 Aa	0,20 ± 0,01 ABa	17,75 ± 1,93 Aa	17,83 ± 2,32 Aa	0,71 ± 0,17 ^{ns}	0,39 ± 0,14 ^{ns}
T2	0,19 ± 0,00 Aa	0,19 ± 0,01 Ba	14,32 ± 2,24 Ab	22,25 ± 1,64 Aa	0,55 ± 0,12	0,19 ± 0,12
T3	0,20 ± 0,02 Aa	0,21 ± 0,01 ABa	15,10 ± 3,74 Aa	14,15 ± 3,05 Aa	0,64 ± 0,22	0,53 ± 0,18
T4	0,19 ± 0,00 Aa	0,20 ± 0,01 ABa	13,00 ± 4,95 Aa	19,50 ± 2,65 Aa	0,54 ± 0,08	0,35 ± 0,05
T5	0,21 ± 0,01 Aa	0,21 ± 0,01 ABa	18,42 ± 2,76 Aa	17,50 ± 4,50 Aa	0,42 ± 0,14	0,73 ± 0,10
T6	0,20 ± 0,01 Ab	0,24 ± 0,01 Aa	20,08 ± 2,47 Aa	14,71 ± 3,52 Aa	0,69 ± 0,09	0,33 ± 0,19
CV (%)	10,73	8,39	19,51	16,85	9,19	10,59

Médias ± EP seguidos pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. Médias ± EP seguidos pela mesma letra minúscula na linha dentro da variável não diferem entre si pelo Teste t (LSD) a 5% de significância. ^{ns}Diferença não significativa na coluna e na linha. *Análise com dados transformados pela Raiz quadrada de $Y + 1.0 - \sqrt{Y + 1.0}$. S.ORG.: Solo manejo orgânico; S. CONV.: Solo manejo convencional; T1: testemunha; T2: EM sólido; T3: EM líquido; T4: água de vidro; T5: EM sólido + água de vidro; T6 EM líquido + água de vidro.

Ao avaliar a longevidade de adultos de *S. frugiperda* alimentadas com milho cultivado em solo oriundo de manejo em sistema orgânico de produção e sistema convencional, tratado

com EM e água de vidro, percebe-se que os tratamentos aplicados não proporcionaram diferenças na longevidade de adultos, independente do tipo de solo utilizado. O sistema de manejo prévio do solo convencional com em sólido apresentou uma longevidade de adultos superior, em relação ao solo de manejo orgânico (Tabela 7)

Referente à razão sexual, os tratamentos utilizados e as diferentes origens dos solos não proporcionaram diferença sobre a razão sexual de *S. frugiperda* (Tabela 7).

3.4 DISCUSSÃO

A redução da atividade do solo de manejo orgânico, verificada através da RBS, em quase todos os tratamentos quando comparados à testemunha, sugere que em solo com este tipo de manejo a aplicação do EM e água de vidro, não auxiliou no aumento da atividade biológica. Situação oposta é observada no solo oriundo de manejo convencional, onde os tratamentos proporcionaram maior atividade biológica, em relação à testemunha.

Em solo de manejo orgânico, a presença e diversidade de microrganismos tende a ser maior (MÄDER et al., 2002), deixando o solo equilibrado, o que pode acarretar num menor impacto da aplicação do EM, podendo ocasionar inclusive a diminuição da atividade biológica. Já em solo de manejo convencional, este tende a apresentar uma menor atividade biológica, consequência do uso continuado de agroquímicos sintéticos, indo de encontro ao observado por Mäder et al. (2002). Desta forma, com a aplicação de EM ocorre a recolonização do solo por estes microrganismos, aumentando assim sua atividade biológica, como descreveu Restrepo (2013). Aliado a isso, a aplicação de água de vidro, ao aumentar a atividade neste solo, leva a inferir que o volume de água de vidro (600mL) aplicado no solo (12L) tenha provocado uma alteração significativa nas características deste, principalmente alterando de forma significativa o pH, pois foi avaliado que esta solução apresenta um pH em torno de 9,6, por ser elaborada a partir de água e cinza, influenciando no comportamento metabólico do solo (SILVA et al., 2007b).

Considerando que a biomassa microbiana do solo em carbono consiste na parte viva da matéria orgânica (JEKINSON e LADD, 1981), os resultados permitem supor que a água de vidro, ao ser aplicada no solo com manejo orgânico proporcionou um incremento quantitativo na população de microrganismos do solo. Supõe-se que este incremento da biomassa microbiana do solo obtido através da aplicação deste preparado seja resultante das alterações nas características do mesmo, provocadas pelo volume aplicado, conforme indicam Balota et al. (1998) sobre a influência do manejo na BMS-C. Cabe aqui destacar que este incremento na

biomassa microbiana resultante da aplicação da água de vidro não necessariamente indica diversidade maior, podendo representar inclusive desequilíbrio presente no solo, sendo que para identificar melhor o fenômeno, seria necessário um acompanhamento deste solo por vários ciclos de cultivo, e considerar práticas de manejo adotadas sobre este, semelhantemente ao apresentado por Totola e Chaer (2002) que ressaltam que alterações na BMS-C podem ser identificadas muito antes que alterações na matéria orgânica do solo.

Analisando o quociente metabólico do solo (qCO_2), é visível a relação direta com a respiração basal do solo (RBS), principalmente quando se observa o solo de manejo orgânico com aplicação de EM líquido associado à água de vidro. Também a água de vidro, neste solo, apresentou o maior índice de BMS-C, onde atrelado ao índice médio de RBS resultou num baixo valor de qCO_2 . Este índice de qCO_2 permite inferir que há uma maior eficiência na conversão de restos orgânicos em biomassa (MÄDER et al., 2002). Ao comparar o solo proveniente de manejo orgânico ao solo oriundo de manejo convencional, o impacto do manejo prévio do solo no qCO_2 é verificada pelo maior índice no primeiro. Este elevado índice de qCO_2 neste solo permite inferir que a biomassa microbiana está apresentando um elevado gasto energético para a degradação e mineralização da matéria orgânica, indicando uma baixa eficiência deste solo, apesar de ser proveniente de um manejo orgânico, indicando que este manejo tem aportado matéria orgânica ao sistema, o que reforça a necessidade de se adotar técnicas para alcançar o equilíbrio do solo.

Como na RBS, o solo de manejo convencional (testemunha) apresentou qCO_2 menor que os demais tratamentos realizados no mesmo solo. Pelo fato de que o EM sólido ou líquido mais água de vidro apresentarem maior índice, é possível inferir, a partir do observado por Mäder et al. (2002), que por se tratar de um solo até então sob manejo convencional, o EM associado à água de vidro provocou um elevado gasto de energia para manter as atividades metabólicas do solo, indicando baixa estabilidade do sistema, possivelmente resultado das perturbações que o manejo em sistema convencional provocou, acrescentado à perturbação que a aplicação do EM e água de vidro causaram neste solo.

De modo geral, os dados apresentados na Tabela 3 indicam uma relação inversamente proporcional entre a BMS-C e qCO_2 , permitindo supor que há uma maior eficiência da biomassa microbiana quando esta apresenta-se em maior quantidade, por apresentar um baixo valor de qCO_2 , indo de encontro ao identificado por Mäder et al. (2002), ao constatar que em sistemas orgânico e biodinâmico de produção houve um aumento significativo da BMS-C associado à diminuição do qCO_2 , indicando maior eficiência em transformar restos orgânicos em biomassa a um custo energético menor, quando comparado à sistemas convencionais,

corroborando ao que Islam e Weil (2000) apresentam, quando mencionam que um menor qCO_2 implica num gasto menor de energia durante os processos metabólicos no solo.

A maior mortalidade de *S. frugiperda* provocada pelo EM sólido pode estar relacionada a uma alteração nas características nutricionais do cultivo provocadas pelo EM sólido, ao ser aplicado em um solo até então com manejo convencional, enquanto a menor mortalidade estaria relacionada ao favorecimento nutricional do cultivo para as lagartas, consequência da aplicação conjunta do EM líquido e água de vidro. Estas características são semelhantes ao sistematizado por Rosa et al. (2012), que relaciona a nutrição das lagartas como fator para influenciar o desenvolvimento das mesmas, podendo influenciar também a sua sobrevivência. Nesse sentido, Goussain et al. (2002) e Nascimento et al. (2014) constataram que o uso de fertilizante com fonte de silício tem proporcionado maior concentração de silício foliar e maior resistência dos cultivos à alimentação por *S. frugiperda*, provocando maior mortalidade e canibalismo, em cultivos de milho e arroz. Neste sentido, Chapman et al. (1999a) apresenta que a disponibilidade de alimento é um dos fatores que influencia o comportamento de canibalismo da espécie.

No presente trabalho, pode-se inferir que o EM, independente de sua forma de elaboração, não alterou significativamente o potencial nutricional do cultivo, de forma que este conseguiu atender a demanda nutricional das lagartas nesta etapa de desenvolvimento, não induzindo-as ao canibalismo para garantir alimentação de qualidade. Situação esta também estendida aos tratamentos com aplicação de silício pela água de vidro, onde apesar de a metodologia utilizada permitir estimar uma concentração considerável de Si, a solubilidade do mesmo, quando aplicado ao solo, provavelmente foi muito baixa, e desta forma, as plantas não absorveram o elemento em quantidade suficiente para alterar as estruturas de proteção das plantas.

Apesar de apresentar maior tempo de desenvolvimento das fases larval e de pupa, o EM líquido associado à água de vidro proporcionou maior peso das pupas, maior que o uso de EM sólido, este que apresentou o menor tempo de desenvolvimento observado. Isto se deve principalmente porque nos tratamentos com maior tempo de duração da fase larval, esta diferença permite que as pupas alcancem tamanho igual ou superior do que as que precisaram de um menor tempo de desenvolvimento, indo de acordo ao observado por Silveira et al. (1997), que constataram que lagartas compensaram o baixo peso aos 10 dias com um ciclo mais longo, gerando pupas de mesmo peso, compensando assim a alimentação desfavorável no período. Neste sentido, o tratamento proporcionou uma elevada mortalidade na fase larval, de 60%, enquanto apresentou mortalidade de pupa de apenas 5%, o que demonstra a

capacidade das lagartas de prolongar o ciclo visando atender a demanda nutricional. Ainda sobre o peso das pupas, a importância do mesmo está, conforme observado por Busato et al. (2006), que pupas de maior peso permitem gerar fêmeas com maior capacidade de oviposição.

Embora o uso do EM líquido associado à água de vidro em solo oriundo de manejo convencional, tem proporcionado maior tempo de desenvolvimento de lagartas e total e maior peso de pupas, este não alterou a longevidade de adultos, mostrando que o maior tempo da fase larval permitiu suprir a demanda nutricional e formar adultos com mesmo nível de longevidade dos demais tratamentos. Este maior tempo de desenvolvimento até a fase adulta é resultado, provavelmente, de um alimento menos favorável, causando menor adaptação da espécie a este, podendo significar eficiência do tratamento no controle da praga (SILVEIRA et al. 1997; BUSATO et al., 2002), pois ciclos mais curtos representam um maior número de gerações, o que pode causar mais danos aos cultivos (SANTOS et al. 2004).

De acordo com Parra (1991), o crescimento, desenvolvimento e reprodução de insetos estão diretamente relacionados com a quantidade e qualidade do alimento ingerido, sendo que sua ingestão depende, entre outros fatores, digestibilidade, assimilação e da capacidade de fornecer todos os nutrientes exigidos. Neste sentido, o EM sólido, quando utilizado no cultivo desenvolvido em solo oriundo de manejo convencional, proporcionou um período de desenvolvimento mais curto, mostrando uma condição mais favorável para o desenvolvimento da espécie, situação observada também quando aplicados todos os tratamentos no cultivo em solo oriundo de manejo orgânico, que apresentaram tempo de desenvolvimento semelhante.

Os valores obtidos de duração das fases larval, de pupa total (lagarta-adulto) e peso de pupa foram maiores que os obtidos por Busato et al. (2005) ao avaliar desenvolvimento de *S. frugiperda* oriundas de áreas de milho alimentadas com seu hospedeiro. Lopes et al. (2008) ao avaliar o desenvolvimento da mesma espécie em folhas de mandioca, observou valores semelhantes de duração das fases larval e de pupa e peso de pupas, porém a longevidade foi consideravelmente menor que a observada no presente trabalho.

Embora as diferenças observadas no ciclo de desenvolvimento de *S. frugiperda* não sejam muito discrepantes daquelas verificadas em outros trabalhos, os índices de mortalidade obtidos colocam os preparados EM sólido, EM líquido e água de vidro, como ferramentas para o manejo de *S. frugiperda* independente de se tratar do início do processo de conversão para sistema orgânico de produção, ou em sistema orgânico consolidado, ao não constatar, de modo geral, diferença no tipo de solo utilizado sobre os tratamentos aplicados.

De modo geral, a aplicação dos tratamentos no cultivo em solo oriundo de sistema de manejo orgânico proporcionou poucas alterações no desenvolvimento e comportamento de

Spodoptera frugiperda, o que permite inferir que, pelo fato de este solo apresentar um maior equilíbrio, conforme o exposto por Mäder et al. (2002), os tratamentos aplicados nele pouco alteraram as características da cultura do milho. Situação diferente foi observada no solo coletado em sistema de manejo convencional, que, segundo os autores anteriormente citados, tendem a apresentar menor equilíbrio, razão pela qual a aplicação dos tratamentos na cultura expressou alterações nos aspectos de desenvolvimento e comportamentais da espécie praga com este alimentada.

3.5 CONCLUSÃO

Os tratamentos realizados no solo oriundo de manejo convencional expressaram maiores RBS e qCO₂ que a testemunha, Situação não observada no solo de manejo orgânico.

No mesmo solo oriundo de manejo convencional, o EM sólido proporcionou maior mortalidade de *S. frugiperda* que o EM líquido associado à água de vidro neste mesmo solo. Os tratamentos não influenciaram o comportamento de canibalismo das lagartas.

Ainda no solo oriundo de sistema convencional proporcionou maior tempo de desenvolvimento da fase larval de *S. frugiperda* quando alimentadas com milho tratado com EM líquido e silício e EM líquido + silício, sendo que este último proporcionou também maior duração da fase de pupas e peso de pupas, em relação ao solo oriundo de sistema orgânico.

REFERÊNCIAS

- ALEF, K. Soil respiration. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. ed. **Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry**. Academic Press. 1995. p214-219. Disponível em: https://ac.els-cdn.com/B9780125138406500203/3-s2.0-B9780125138406500203-main.pdf?_tid=049c1780-0c40-47a6-94d4-038434e4402b&acdnat=1530411645_c046076c3a1f1acc697d2a25c5b1b6c3. Acesso em 30/06/2018.
- ANDRADE, F. M. C., rev. Et al . **Caderno dos Microrganismos Eficientes (EM):** Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. Universidade Federal de Viçosa. 2ed. 2011, 32p.
- BALOTA, E. L. COLOZZI-FILHO, A., ANDRADE, D. S., & HUNGRIA, M. **Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas**. Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE), 1998. Disponível em <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1081344>. acesso em 27/07/2019
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de Agrotóxico Fitossanitário. AGROFIT**. Consulta aberta. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 17/11/2019.
- BUSATO, G. R.; GRÜTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; GIOLO, F. P.; MARTINS, A. F. Consumo e utilização de alimento por *Spodoptera frugiperda* (JE Smith)(Lepidoptera: Noctuidae) originária de diferentes regiões do Rio Grande do Sul, das culturas do milho e do arroz irrigado. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 4, p. 525-529, 2002.
- BUSATO, G. R.; GRÜTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; GIOLO, F. P.; ZOTTI, M. J.; STEFANELLO JÚNIOR, G. J. Biologia comparada de populações de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith)(Lepidoptera: Noctuidae) em folhas de milho e arroz. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 5, p. 743-750, 2005.
- BUSATO, G. R.; GARCIA, M. S.; LOECK, A. E.; ZART, M.; NUNES, A. M.; BERNARDI, O.; ANDERSSON, F. S.. Adequação de uma dieta artificial para os biótipos “milho” e “arroz” de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 317-323, 2006.
- CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: novas bases de uma prevenção contra doenças e parasitas; a teoria da trofobiose**. Expressão Popular, 2006.
- CHAPMAN, J. W.; WILLIAMS, T.; ESCRIBANO, A.; CABALLERO, P.; CAVE, R. D.; GOULSON, D. Fitness consequences of cannibalism in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Behavioral Ecology**, v. 10, n. 3, p. 298-303, 1999.
- CRUZ, I. Manejo de pragas da parte aérea da cultura do milho. In: SANDINI, I. E.; FRANCELI, A. L. (ed.) **Milho: estratégias de manejo para a região sul**. Guarapuava. Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária. 2000. 209 p.
- FRIGUETTO, R. T. S. Análise da biomassa microbiana em carbono: método de fumigação-extração. In: FRIGUETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J.; Coord. **Indicadores biológicos e**

- bioquímicos da qualidade do solo.** Manual técnico. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna – SP, 2000, p157-166.
- ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 79, n. 1, p. 9-16, 2000.
- JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: Measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N., (Ed.). **Soil Biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1981. v. 5. p. 415-471
- KASTEN JR, P.; PRECETTI, A. A. C. M.; PARRA, J. R. P. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) em duas dietas artificiais e substrato natural. **Revista de Agricultura**, 1978.
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A.. **Análise de Silício: Solo, Planta e Fertilizante**. GPSi-ICIAG-UFU. Boletim técnico; 2ed. 2004, 34p.
- LIMA FILHO, O. F. **História e uso do silicato de sódio na agricultura**. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, 2009, 112 p.
- LOPES, G. S.; LEMOS, R. N. S.; MACHADO, K. K. G.; MACIEL, A. Al. S.; OTTATI, A. L. T. Biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. Smith)(Lepidoptera: Noctuidae) em folhas de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 3, p. 134-140, 2008.
- MÄDER, P.; FLIEßBACH, A.; DUBOIS, D.; GUNST, P. F.; NIGGLI, U. Soil fertility and biodiversity in organic farming. **Science**, v. 296, n. 5573, p. 1694-1697, 2002.
- MONTEIRO, R. T. R.; FRIGUETTO, R. T. S. Determinação da umidade, pH e capacidade de retenção de água do solo. In: FRIGUETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J.; Coord. **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo**. Manual técnico. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna – SP, 2000, p37-40.
- NASCIMENTO, A. M.; ASSIS, F. A.; MORAES, J. C.; SAKOMURA, R.. Não preferência a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) induzida em arroz pela aplicação de silício. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 2, p. 215-218, 2014.
- PARRA, J. R. P. **Consumo e utilização de alimentos por insetos**. Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas. São Paulo: Manole, p. 9-65, 1991.
- PEREIRA, H. S.; KORNDÖRFER, G. H.; MOURA, W. F.; CORRÊA, G. F. Extratores de silício disponível em escórias e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 265-274, 2003.
- POMARI, A. F. **Características biológicas de *Telenomus remus* Nixon em ovos de *Corcyra cephalonica* (Satainton) e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith): bases para o desenvolvimento de programas de controle biológico aplicado para as culturas da soja e milho**. 2013. 147 f. Tese (Doutorado em Ciências, área: Entomologia) Universidade de São Paulo, Faculdade Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Ribeirão Preto, 2013. Disponível em:

<http://www.ffclrp.usp.br/imagens_defesas/03_07_2014__15_17_06__45.pdf>. Acesso em: 06/11/2017.

RESTREPO RIVERA, J., HENSEL, J. **El ABC de la Agricultura Orgánica, Fosfitos y Panes de Piedras**: Manual práctico. Santiago de Cali, Colombia, Feriva, [2013?] 396 pag.

RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, A. P.; KORNDÖRFER, G. H. Silício: Um elemento benéfico e importante para as plantas. **Informações Agrônomicas**, nº 134, 2011, p14-20,

ROSA, A. P. A.; TRECHA, C. O.; ALVES, A. C.; GARCIA, L.; CONÇAVES, V. P. Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) em linhagens de milho. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v. 79, n. 1, p. 39-45, Mar.2012.

SANTOS, L. M.; REDAELLI, L. R.; DIEFENBACH, L. M. G.; EFRON, C. F. S. Fertilidade e longevidade de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 345-350, 2004.

SILVA, E. E.; DE AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C). **Embrapa Agrobiologia-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007a.

SILVA, E. E.; DE AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H.. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂). **Embrapa Agrobiologia-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007b.

SILVEIRA, L. C. P.; VENDRAMIM, J. D.; ROSSETTO, C. J. Efeito de genótipos de milho no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, n. 2, p. 291-298, 1997.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Estadual Paraná. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR. 482p, 2017.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos em ciência do solo**, v. 2, n. 3, p. 195-276, 2002. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Guilherme_Chaer/publication/285842908_Microrganismos_e_processos_microbiologicos_como_indicadores_da_qualidade_dos_solos/links/5bf2fda592851c6b27cad578/Microrganismos-e-processos-microbiologicos-como-indicadores-da-qualidade-dos-solos.pdf

4 CAPÍTULO 2: MICRORGANISMOS EFICIENTES E ÁGUA DE VIDRO INFLUENCIAM A MORTALIDADE E DESENVOLVIMENTO DE *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE), E A INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM PLANTAS DE MILHO?

RESUMO

Incidência de pragas é um problema que afeta a maioria das culturas agrícolas. No milho, a lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda* é a principal espécie de inseto que causa prejuízos na cultura. São conhecidos os benefícios dos microrganismos eficientes (EM) e do silício (Si) na prevenção e controle de doenças e pragas, na melhoria dos aspectos do solo, além da indução de resistência, desta forma, buscou-se avaliar eficiência do EM e da água de vidro no controle de *S. frugiperda*, nos aspectos do quociente metabólico do solo e na capacidade de estimular enzimas relacionadas à defesa de plantas em milho. Os experimentos foram realizados na Universidade Federal da Fronteira Sul/Campus Laranjeiras do Sul. Para isso foi cultivado milho varietal SCS 155 Catarina em vasos de 12 litros, onde realizou-se aplicação de EM, água de vidro e EM + água de vidro, 17 dias após a emergência (DAE). Aos 34 DAE realizou-se a montagem dos experimentos para avaliação da mortalidade e canibalismo, parâmetros biológicos de *S. frugiperda* e preferência alimentar com livre chance de escolha, além da coleta de amostra foliar para análise das enzimas relacionadas à defesa da planta e quantificação de silício foliar. Realizou-se também a quantificação de Si solúvel em água na água de vidro e a avaliação da respiração basal do solo e biomassa microbiana do solo em carbono a fim de determinar o quociente metabólico do solo (qCO_2). O comportamento de *S. frugiperda* e tampouco os parâmetros biológicos, exceto a duração da fase de pupa, não foram influenciados pelos tratamentos avaliados. A mortalidade larval e de pupa foi menor quando utilizado apenas o EM, sendo que a testemunha e o EM + água de vidro apresentaram os maiores valores. O EM proporcionou maior preferência nas primeiras 48 horas, enquanto a testemunha foi a preferida após 72 horas, sendo superior aos tratamentos com aplicação de EM, e sem diferença entre os tratamentos após 96 horas. A água de vidro proporcionou maior atividade de peroxidases, no entanto, a atividade de Fenilalanina amônia-liase não foi diferente entre os tratamentos avaliados. A água de vidro apresentou 39,2 mgSi/L, e não proporcionou diferença no teor de Si foliar. Os tratamentos não alteraram os aspectos do qCO_2 . EM e água de vidro mostraram-se pouco eficientes para prevenção e controle de *S. frugiperda*, bem como para o aumento do silício na epiderme foliar ou para a indução de resistência em plantas de milho.

Palavras Chave: Lagarta-do-cartucho. Peroxidase. Proteção de plantas. Silício.

ABSTRACT

Pest incidence is a problem that affects most agricultural crops. In corn, the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* is the main insect species that causes damage to the crop. The benefits of efficient microorganisms (EM) and silicon (Si) in the prevention and control of diseases and pests, in the improvement of soil aspects, in addition to the induction of resistance are known, in this way, we sought to evaluate the efficiency of EM and glass water in the control of *S. frugiperda*, aspects of the soil metabolic quotient and the ability to stimulate enzymes

related to the defense of plants in corn. The experiments were carried out at the Federal University of Fronteira Sul / Campus Laranjeiras do Sul. Varietal corn SCS 155 Catarina was grown in 12-liter pots, where EM, glass water and EM + glass water were applied, 17 days after the emergency (DAE). At 34 DAE, experiments were carried out to assess mortality and cannibalism, biological parameters of *S. frugiperda* and food preference with free choice, in addition to collecting leaf samples for analysis of enzymes related to plant defense and quantification of foliar silicon. The quantification of water-soluble Si in glass water and the assessment of soil basal respiration and soil microbial biomass in carbon were also performed in order to determine the soil metabolic quotient (qCO_2). The behavior of *S. frugiperda* and the biological parameters, except for the duration of the pupal phase, were not influenced by the evaluated treatments. Larval and pupal mortality was lower when using only EM, with the control and EM + glass water having the highest values. The EM provided greater preference in the first 48 hours, while the control was the preferred one after 72 hours, being superior to the treatments with application of EM, and with no difference between treatments after 96 hours. The glass water provided greater peroxidase activity, however, the activity of Phenylalanine ammonia lyase was not different between the treatments evaluated. The glass water presented 39.2 mgSi / L, and did not provide difference in the leaf Si content. The treatments did not alter the aspects of qCO_2 . EM and glass water were shown to be inefficient for preventing and controlling *S. frugiperda*, as well as for increasing silicon in the leaf epidermis or for inducing resistance in corn plants.

Keywords: Fall armyworm. Peroxidase. Plant protection. Silicon.

4.1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) apresenta grande importância econômica e cultural, porém está suscetível à incidência de pragas, com destaque para lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), que é considerada a principal praga da cultura (CRUZ, 2000), provocando perdas de até 52% da capacidade produtiva (VALICENTE, 2015).

Atualmente, há o registro de 209 inseticidas comerciais para controle de *S. frugiperda*, dos quais a grande maioria é de origem química sintética (AGROFIT, 2019). Com a demanda crescente de alimentos produzidos de forma orgânica e com os princípios da agroecologia, há a necessidade crescente do desenvolvimento de insumos voltados para os agricultores que produzem desta forma. Situação esta que tem estimulado pesquisadores a uma constante busca de alternativas para resolver problemas que os produtores enfrentam no dia a dia, entre os quais a incidência de pragas nos cultivos, resultando na necessidade de consolidar tecnologias para desenvolvimento da agricultura sustentável de base ecológica. No controle de pragas, além do controle biológico e da série de caldas e preparados já utilizados, há a importância de conhecer os mecanismos de defesa natural das plantas, formas de ação, e como potencializar seus efeitos.

O uso de microrganismos eficientes ou eficazes (EM) apresenta uma série de benefícios, conforme já descrito em diversos trabalhos (HIGA e WIDIDANA, 1991; SANGAKKARA, 2002; TUAT e TRINH, 2002; ANDRADE, 2011) atuando na proteção à incidência de doenças e pragas.

O silício também apresenta características inseticidas, atuando direta ou indiretamente na proteção de plantas, estimulando resistência pela absorção e acúmulo do silício pelas plantas, aumentando a resistência aos estresses que os cultivos são submetidos, e formando uma barreira de proteção da planta ao ataque de pragas (GOUSSAIN et al., 2002; KÖRNDORFER et al., 2004; RODRIGUES et al., 2011). Rodrigues et al. (2011) reúne diversos trabalhos demonstrando resultados viáveis, principalmente em gramíneas. Pelo silício ser um elemento abundante na crosta terrestre (KÖRNDORFER et al., 2004), há a necessidade de identificar fontes acessíveis deste material para uso como fonte do mesmo para os cultivos agrícolas. Alguns preparados já são utilizados por agricultores, a partir de materiais locais, principalmente na proteção de plantas, como cinzas ou extratos e restos de plantas ricas em silício (LIMA FILHO, 2009), entre estes preparados, cabe destacar a água de vidro, elaborada a partir da cinza da casca de arroz dissolvida em água, como fonte de silício.

Entre as possíveis formas de atuação de agentes para proteção de plantas, destaca-se as enzimas associadas aos mecanismos de defesas, substâncias que as plantas produzem quando sofrem algum tipo de estresse, como o ataque de pragas, ou possíveis de serem estimuladas visando a prevenção da incidência de pragas e doenças (PIETROBELLI, 2019). Já foram identificados compostos e seus efeitos na proteção dos cultivos às pragas ou doenças (STANGARLIN et al., 2011). Entre as substâncias com estas características, encontram-se as enzimas peroxidase e fenilalanina-amônia-liase. (MORAES, 1992).

Desta forma, procura-se com este trabalho avaliar a eficiência de preparados de EM e água de vidro no quociente metabólico do solo, na acumulação de silício por plantas de milho, no comportamento de *Spodoptera frugiperda*, e no estímulo da atividade de enzimas indutoras de resistência em plantas de milho.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

A partir dos resultados obtidos no capítulo 1, definiu-se os tratamentos a serem avaliados no segundo capítulo, onde se determinou utilizar apenas o solo oriundo de sistema de manejo convencional, o preparado EM líquido e o preparado água de vidro. Desta forma, os experimentos foram compostos de 4 tratamentos, sendo: T1: Testemunha; T2: EM líquido;

T3: Água de vidro e T4: EM + água de vidro. Utilizou-se a cultivar de milho SCS155 Catarina, sendo a semente obtida de agricultores familiares do município de Anchieta – SC.

Os bioensaios foram realizados na casa de vegetação e laboratórios de Entomologia e Fitopatologia da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul-PR. A condução do cultivo ocorreu em casa de vegetação programada para manter temperatura de $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ e irrigação por aspersão 3 vezes ao dia por 2 minutos cada, com lâmina de água diária de aproximadamente 1 mm. Para o cultivo, foram utilizados vasos de polietileno com capacidade de 12 litros preenchidos com 10 litros de solo, semeadas 6 sementes por vaso, e após a emergência, procedeu-se o desbaste, deixando apenas 3 plantas por vaso. Visando atender a demanda de alimento das lagartas, foram utilizados 15 vasos por tratamento, totalizando 60 vasos, com delineamento experimental inteiramente casualizado de 4 tratamentos e 15 repetições (vasos).

O solo utilizado foi coletado em unidade de produção localizada no município de Laranjeiras do Sul, conduzida em sistema convencional de produção. O solo foi encaminhado para análise em laboratório credenciado na Comissão Estadual de Laboratórios de Análises Agrônômicas, do Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, e a partir desta definiu-se a adubação, conforme a demanda da cultura, conforme recomendações do Manual para Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (SBCS, 2017). Para adubação foi aplicado 25g/vaso de adubo orgânico comercial a partir da compostagem de cama de aves, 1g/vaso de fosfato natural, 0,4g/ vaso de sulfato de potássio e 0,04g/vaso de bórax, com condução em sistema orgânico de produção. Todos os tratamentos foram aplicados no solo da cultura aos 17 dias após a emergência.

4.2.1 Obtenção e criação da espécie *Spodoptera frugiperda*

Pupas de *Spodoptera frugiperda* foram obtidas junto à Embrapa Soja, de Londrina – PR, a fim de se obter uma população para início da criação. Estas foram levadas ao laboratório de Entomologia, onde foram separadas por sexo e individualizadas em copos plásticos (50 ml) sobre papel filtro até a obtenção dos adultos da espécie.

Após a obtenção dos adultos, a criação de *Spodoptera frugiperda* foi realizada, conforme metodologia de Pomari (2013), onde adultos de *S. frugiperda* foram mantidos em gaiolas de tubos de PVC (10 cm de diâmetro x 20 cm altura) na proporção de dois casais por gaiola. Estas gaiolas foram colocadas individualmente sobre caixas tipo gerbox, forradas com papel filtro; mantidas cobertas na parte superior com tecido tipo “voil” preso por elástico e

forradas com papel sulfite para permitir a oviposição. A alimentação dos adultos foi realizada com solução aquosa de mel a 10%, colocada em recipiente de plástico com capacidade para 25 ml sem tampa. Através da abertura foi colocado um rolete de algodão que, por capilaridade, permitiu a alimentação dos insetos. Para evitar a fermentação e/ou contaminação do alimento com microrganismos, este foi renovado diariamente. As folhas de sulfite contendo posturas foram retiradas diariamente, individualizadas por meio do recorte do papel, e mantidas em copos plásticos de 100 ml contendo 5 g de dieta artificial desenvolvida por Kasten Junior et al. (1978) (Tabela 1).

Tabela 8: Composição da dieta artificial desenvolvida por Kasten Jr. et al. (1978).

Ingrediente	Quantidade
Feijão carioca	165 g
Germe de trigo	79,20 g
Levedura de cerveja	50,50 g
Benzoato de sódio	1,65 g
Nipagin	3,15 g
Ácido ascórbico	5,10 g
Formol (10%)	12,50 ml
Ágar	25,50
Água destilada	1195 ml

Fonte: Kasten Júnior et al., 1978.

Estes copos foram vedados com tampa plástica e mantidos em sala climatizada ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR: $70\pm 10\%$ e Fotofase de 12h), até as lagartas atingirem o 3^o instar. Em função do canibalismo acentuado presente nesta espécie, principalmente a partir do 3^o instar, as lagartas neste estágio foram transferidas individualmente para copos plásticos (capacidade 50 mL) com 5 mm da sua altura preenchida com dieta artificial, sendo vedados com papel cartão. Esses copos foram mantidos em salas climatizadas ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR de $70\pm 10\%$ e Fotofase 12 h) até a formação das pupas. As pupas foram então retiradas dos copos e separadas por sexo para a formação de novas gaiolas.

4.2.2 Obtenção e preparo dos Microrganismos Eficientes

Foi realizado de acordo com o descrito por Andrade et al. (2011) conforme método desenvolvido pela Fundação Mokiti Okada. A elaboração constituiu de duas etapas, sendo: a captura com o uso de arroz cozido, foi cozinhado aproximadamente 700 gramas de arroz sem tempero, colocar em bandeja plástica, coberto com tecido tipo “voil” para proteção, e

acondicionado no solo de uma mata virgem localizada na UFFS, cobrindo-o com matéria orgânica. Após 11 dias, o material foi recolhido, e selecionou-se as partes de arroz com colorações rosada, azulada, amarelada e alaranjada, característico da presença dos microrganismos eficientes. As partes com coloração cinza, marrom e preto foram descartadas.

A segunda etapa consistiu em ativar os Microrganismos Eficientes através da multiplicação por meio de fermentação. Para isso, colocou-se as partes selecionadas do arroz colonizado divididas igualmente em 5 garrafas PET com 2 litros de capacidade, onde foi adicionado 250 ml de melado de cana-de-açúcar, (1 kg de açúcar mascavo dissolvido em 500 ml de água não tratada), em cada garrafa e completou-se o volume com água não tratada. Após esse procedimento realizou-se o fechamento das garrafas retirando o ar, e acondicionando na sombra. A cada 2 dias, realizou-se o processo de retirada do gás, para isso, abriu-se as garrafas com cuidado até iniciar a liberação do gás, tomando o cuidado para não permitir entrada de ar. Quando não se constatou mais a produção de gás, foi considerado que o EM estava pronto para uso, aproximadamente 2 meses após a elaboração. O mesmo apresentava coloração alaranjada e cheiro doce agradável, características desejáveis na elaboração do EM. Foi aplicado no solo, sendo 1 mL diluído em 100 mL de água não tratada. aos 17 dias após a emergência da cultura.

4.2.2.1 Identificação dos principais grupos de microrganismos eficientes

Para identificação dos principais grupos de microrganismos presentes no EM, realizou-se o plaqueamento em diluição seriada, a partir do trabalho de Bomfim (2016). Para isso, foi realizada a diluição seriada do EM nas concentrações 10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5} , em solução salina 0,85% (0,85g de NaCl em 100mL de água destilada). Em seguida foi inoculado com 100 μ L em diferentes meios de cultura, em triplicata. Utilizou-se o meio Martin (MARTIN, 1950) com amoxicilina para fungos totais, o meio MYGP (MASOUD et al., 2004) para leveduras, meio Amido Caseína (KUSTER & WILLIAMS, 1964) com amoxicilina para actinomicetos, meio TMSC (WILLIAMS et al., 2003) adaptado com arroz, com amoxicilina, para *Trichoderma* e meio BDA para bactérias totais. Após a inoculação, as placas foram vedadas e acondicionadas por 5 dias em câmara tipo BOD a 25°C. Foi considerado para o cálculo de unidades formadoras de colônias (UFC/mL) todas as diluições que apresentaram ao menos 1 colônia. A identificação foi realizada a partir dos critérios de coloração das colônias, forma de crescimento e estrutura morfológica quando observado no microscópio óptico.

4.2.3 Obtenção da fonte de silício

Como fonte de silício, utilizou-se o preparado artesanal água de vidro, produzido a partir da cinza da casca de arroz. A casca de arroz foi submetida à combustão lenta até a obtenção da cinza. Esta cinza foi dissolvida em água quente, na proporção de 4 partes de cinza para 20 partes de água, deixou-se esfriar até temperatura ambiente e completou-se com 80 partes de água fria. Posteriormente, deixou-se em decantação para separação do sólido e utilização da parte líquida. Foi aplicado no solo, no volume de 600 mL por vaso, aos 17 dias após a emergência da cultura.

4.2.3.1 Quantificação do silício na fonte

A quantificação de silício solúvel na água de vidro, foi realizada conforme metodologia recomendada pelo Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos (BRASIL, 2017) para silício solúvel em água, denominada método espectrofotométrico do molibdato de amônio. Dissolveu-se 1mL de água de vidro, em triplicata, em 10 mL de água destilada, em tubo plástico 50mL de capacidade. Adicionou-se 1mL de ácido clorídrico concentrado, foi transferido o volume para um recipiente de maior capacidade e completado com água destilada até 100 mL, e posterior agitação em agitador orbital por 20 minutos à 220 rpm. Posteriormente tomou-se uma alíquota de 20 mL em copo plástico de 50mL e colocou-se 1mL da solução de ácido sulfúrico 18N 75g/L, agitou-se brevemente, e adicionou-se 5mL da solução de molibdato de amônio 50g/L.

Neste momento, as amostras contendo silício apresentaram coloração amarelada, resultado da reação do ácido mono-silícico com o molibdato de amônio. Aguardou-se 10 minutos e adicionou-se 5mL da solução de ácido tartárico 200g/L para complexar o fósforo da reação. Após 5 minutos, acrescentou-se 10mL de solução de ácido ascórbico 3g/L, transformando a cor amarela em azul por meio da redução do silício. Aguardou-se por 1 hora e realizou-se a leitura da transmitância em espectrofotômetro UV no comprimento de onda de 660nm. Os valores obtidos pela leitura foram colocados na equação gerada pela curva padrão, e os resultados multiplicados pelos fatores de diluição do processo até chegar à concentração de silício em mg de silício solúvel por litro do material.

4.2.4 Quociente metabólico do solo

O quociente metabólico do solo foi determinado através da coleta de solo de 6 vasos por tratamento, agrupados para formar 3 repetições cada. Os solos foram armazenados a 4°C por 20 dias até a realização das análises. Previamente à realização das análises foi determinada a umidade e capacidade de retenção de água do solo.

A umidade do solo foi determinada utilizando-se a metodologia de Monteiro e Frighetto (2000), onde se pesou em duplicata, aproximadamente 20 g de solo úmido, e este foi acondicionado em estufa a 105°C por 24 horas, após este período pesou-se o solo seco, determinando a umidade pela diferença de massa antes e depois da secagem.

Para determinar a capacidade de retenção de água do solo, foi utilizada a metodologia descrita por Monteiro e Frighetto (2000), onde se pesou em duplicata 20 g de solo com umidade natural, colocou-se sobre papel filtro acondicionado em funil de filtração, montado sobre frasco coletor previamente pesado. Foi adicionado, gradativamente, 100 g de água destilada, e repousou por uma noite, coberto com filme plástico PVC, tanto o funil como o recipiente, para evitar a evaporação. Passado o tempo em repouso, foram liberadas as últimas gotas de água que ficaram na haste do funil, e o recipiente coletor foi pesado em balança analítica. O mesmo procedimento foi realizado com as testemunhas, porém sem os solos. Calculou-se a capacidade de retenção em porcentagem pela fórmula: % capacidade de retenção = $\{[(100 - W_p) + W_i] / dwt * 100\}$; onde W_p – peso da água percolada; W_i – conteúdo de água existente inicialmente na amostra; e dwt – peso seco do solo.

4.2.4.1 Respiração basal do solo em ambiente fechado

Para determinar a respiração basal do solo, utilizou-se a metodologia desenvolvida por Isermeyer (1952) apud Alef (1995), que consiste em estimar o dióxido de carbono (CO_2) a partir da sua liberação na incubação do solo em sistema fechado. Em um Becker, pesou-se 50 gramas de solo peneirado e ajustado à capacidade de retenção de água de 60%, e este foi colocado em um recipiente de vidro de 600 ml de capacidade, onde foi adicionado 25 mL de NaOH a 0,05M e fechado em seguida, com plástico filme, impedindo a entrada de ar. Foi acondicionado por 3 dias em câmara tipo BOD a 25°C. Foi realizado o mesmo procedimento com o branco, sem adição do solo. Neste período, o CO_2 liberado pelo solo ficou retido pelo NaOH.

Passado o período de incubação, o recipiente foi aberto e retirou-se o Becker com o solo, enxaguando o exterior deste com água destilada. No conteúdo do vidro, foi adicionado 5 ml de cloreto de bário ($BaCl_2$) a 0,5M e algumas gotas de indicador fenolftaleína. Foi titulado

com HCl a 0,05M utilizando uma bureta graduada, até mudança de cor do rosado para incolor. Calculou-se a respiração do solo pela equação: $CO_2(mg)/SW/t = \{[(V_0 - V) * 1,1]/dwt\}$, onde SW: peso do solo seco, em gramas; V_0 : volume de HCl utilizado para titular o branco, em mL; V: volume de HCl utilizado na amostra de solo, em mL; dwt: peso seco de 1 g de solo úmido; e 1,1726: fator de conversão onde 1 mL de NaOH a 0,05M equivale a 1,1726 mg CO_2 , constante esta definida a partir da massa molecular dos elementos e concentração real utilizada na análise.

4.2.4.2 Análise da biomassa microbiana do solo

Para determinação da biomassa microbiana do solo, utilizou-se o método de fumigação-extração, desenvolvido por Vance et al. (1987) apud Frighetto (2000), conforme segue:

Para realizar a fumigação do solo, foi acondicionado 25 g de solo seco, acrescido da umidade encontrada, em um Becker de 100 mL de capacidade, em triplicata, e colocado em dessecador forrado com papel filtro umedecido com água destilada. No centro do dessecador foi colocado um Becker com 25 mL de clorofórmio lavado (livre de etanol) para fumigação, fazendo vácuo por alguns minutos e deixando no escuro por 24 horas. Após este período, foi retirado todo o vapor de clorofórmio, fazendo sucessivamente vácuo e entrada de ar, sempre em capela de exaustão.

Os solos contidos nos béqueres foram transferidos para frascos plásticos com tampa rosqueável, adicionou-se 100 mL de solução aquosa de sulfato de potássio (K_2SO_4) a 0,5M, foi agitado por 30 minutos em mesa orbital, deixando-o decantar por 12 horas e filtrado o sobrenadante sobre papel filtro qualitativo 80 gramas. O extrato foi armazenado em geladeira durante 1 dia, até sua utilização para análise.

Para elaboração do extrato do solo não fumigado, foi adicionado 25 g de solo seco, acrescido da quantidade relativa à umidade encontrada, em frasco plástico com tampa rosqueável, e procedeu-se diretamente à extração, com adição de 100 mL da solução aquosa de K_2SO_4 a 0,5 M, agitando por 30 minutos em agitador orbital, e deixado decantar por 12 horas e filtrado o sobrenadante. O extrato foi armazenado em geladeira por 2 dias, até sua utilização para análise.

Foi pipetado 8 mL do extrato do solo em um tubo digestor, acrescido de 2 mL de dicromato de potássio 66,7 mM, e 15 mL de ácido sulfúrico/fosfórico (2:1). Os tubos foram colocados em bloco digestor por 30 minutos à 100 °C em capela de exaustão. Após esfriar, o

volume dos tubos foi transferido para Erlenmeyer de 125 mL, enxaguando os tubos com água destilada, completando o volume do Erlenmeyer até 50 mL. Foram adicionadas 7 gotas de indicador ferroína e realizada a titulação com sulfato ferroso amoniacal padronizado a 0,0333 M, utilizando bureta graduada de 50 mL. A solução inicial apresentava coloração verde, e à medida que foi adicionando o titulante, se tornou azul-claro, e o ponto final foi determinado pelo aparecimento da coloração vermelho intenso.

O cálculo da biomassa microbiana do solo em carbono foi descrito por Frighetto (2000), dividido em três etapas. A fórmula utilizada para concentração no extrato ($\mu\text{g mL}^{-1}$) foi: $\{(H - S) / C\} * [(M * D / A) * E * 1000]$; onde: H: volume (mL) branco quente; S: volume (mL) solução sulfato ferroso consumido pela amostra; C: volume (mL) branco frio; M: molaridade do dicromato de potássio consumido; D: volume (mL) do dicromato adicionado à mistura; A: volume (mL) da alíquota do extrato; E: conversão de Cr+6 para Cr+3. Fórmula utilizada para calcular a concentração no solo utilizado para elaboração do extrato ($\mu\text{g gsolo}^{-1}$): $\{C(\mu\text{g/mL}) * [K / (DW + W)]\}$. Onde: K: volume de extração; DW: peso seco; W: % de água. Fórmula para cálculo da biomassa em carbono do solo ($\mu\text{g / gsolo}^{-1}$): $\{Ec (F - NF)/0,38\}$. Onde: Ec: diferença entre a concentração em $\mu\text{g / gsolo}^{-1}$ do fumigado e do não fumigado.

4.2.5 Quantificação de silício foliar

Para quantificação de silício na folha, utilizou-se o método amarelo descrito por Elliott et al. (1991), adaptado por Korndörfer et al. (2004). O método de determinação consiste na extração por meio da oxidação da matéria orgânica, eliminando o carbono do tecido vegetal com água oxigenada (H_2O_2), com utilização de hidróxido de sódio adicionado à solução digestora para melhorar a eficiência oxidante e aumentar o pH da solução, visando manter o silício do tecido vegetal em solução. Para tanto, após 17 dias da aplicação da água de vidro, foi coletada de uma planta por vaso, a última folha totalmente expandida, onde foram agrupadas de modo a formar 3 repetições por tratamento, com 5 folhas cada. O preparo consistiu em lavar as folhas em solução detergente e remover este com água destilada, acondicioná-las em sacos de papel kraft e realizar a secagem em estufa de circulação forçada a 65°C até atingir peso constante. Posteriormente, o material foi armazenado e antes de moer, mantido em estufa por mais 30 minutos a 60°C . O material foi moído em moinho tipo Willey e em seguida, acondicionado em sacos plásticos até a realização da análise.

Iniciou-se o processo de quantificação de silício, com a adição de 0,1g do material vegetal em tubo de polipropileno de 50 mL com tampa, adicionando 2 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2 P.A. 500 g/L^{-1}), agitando em agitador para tubos tipo Vortex por alguns segundos, em seguida adicionou-se 3 mL de NaOH (500 g/L^{-1}), agitando novamente, manteve-se os tubos em banho-maria (85°C) por 1 hora, posteriormente, fechou-se os mesmos e manteve-se em autoclavagem por uma hora a 123°C e 1,5 atm.

Após a digestão, foi adicionado aos tubos 45 mL de água destilada e transferido para frasco plástico identificado, deixando em repouso por 12 horas para decantação dos resíduos sólidos. Após decantar, foi transferido 1 mL para copo plástico com 19 mL de água destilada, adicionado 1 mL de solução de ácido clorídrico (HCl (500 g/L^{-1})) e 2 mL de solução de molibdato de amônio ($[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ (100 g/L^{-1})), agitando levemente. Neste momento, foi observado a coloração amarela, indicando presença de silício. Passado 5 minutos, foi adicionado 2 mL de solução de ácido oxálico ($[(\text{COOH})_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ (75 g/L^{-1})), agitando levemente a solução. Após Aguardar por 2 minutos, foi realizada a leitura de transmitância em Espectrofotômetro UV-Visível, no comprimento de onda de 410 nm, pois a cor amarela na solução é pouco estável, permanecendo por apenas 15 minutos. Para determinação de quantidades de silício, elaborou-se a curva padrão com concentrações de 0, 2, 4, 6, e 8 mg/L^{-1} de Si a partir do padrão de silício 1000 ppm. Os valores obtidos das leituras das amostras foram colocados na equação gerada pela curva padrão, e os resultados multiplicados pelos fatores de diluição do processo até chegar na concentração de silício (mg) de silício solúvel por kg do material.

4.2.6 Sobrevivência de *Spodoptera frugiperda*

O delineamento foi inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 20 repetições. Cada parcela constituiu uma placa de Petri de 9 cm de diâmetro, com fundo revestido com papel filtro, onde colocou-se uma seção foliar de 8 cm de comprimento. Sobre a folha foram liberadas 20 lagartas em segundo instar. As lagartas permaneceram neste conjunto até atingirem o 3º instar. O experimento foi mantido em câmara climatizada regulada a $25\pm 2^\circ\text{C}$, fotofase de 12 h e umidade relativa de $70\pm 10\%$. Foram avaliados a mortalidade e o canibalismo ao final do 2º instar, onde foram consideradas lagartas mortas àquelas que apresentarem o corpo sem mutilação. O canibalismo foi considerado quando as lagartas mortas estavam mutiladas ou quando foi encontrada somente a capsula cefálica.

4.2.7 Influência dos tratamentos na mortalidade e no desenvolvimento de *S. frugiperda*

Cada parcela constituiu de um copo plástico (100 ml) com tampa, forrado com papel filtro umedecido, no qual foi adicionado um pedaço de folha de aproximadamente 4cm² e uma lagarta recém-emergida (até 24 h) para cada copo. As seções foliares foram trocadas diariamente, ofertando-se alimento “*ad libitum*”. Os copos foram mantidos em câmara climatizada regulada a 25±2°C, fotofase de 12 h e umidade relativa de 70±10%. Foram avaliados: duração da fase larval e de pupa; mortalidade em cada instar, peso de pupas (24 h após a transformação) e deformação dos adultos. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com 4 tratamentos com 6 repetições (n=5).

4.2.8 Preferência de *Spodoptera frugiperda* com chance de escolha

Cada parcela constituiu-se de uma placa de Petri de 15cm de diâmetro, forrada com papel filtro, onde foi inserido um segmento foliar de aproximadamente 4cm² de cada tratamento distribuídos nas extremidades da placa em pontos equidistantes, e no centro da mesma foram liberadas 12 lagartas de 2º instar. A cada 24 h, até alcançarem o terceiro instar, realizou-se a contagem das lagartas encontradas em cada tratamento, onde se considerou a lagarta no tratamento àquela que se encontrava sobre ou sob a folha. A substituição das folhas foi realizada, retirando-se as lagartas da folha velha e colocando as mesmas sobre a folha nova. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 20 repetições.

4.2.9 Quantificação de atividade de Peroxidase e Fenilalanina amônia-liase nas plantas de milho

4.2.9.1 Obtenção dos extratos enzimáticos

Para o preparo dos extratos enzimáticos, amostras do tecido foliar foram coletadas da última folha totalmente expandida, de 9 plantas por tratamento, 17 dias após a aplicação do EM e água de vidro, e armazenadas em ultrafreezer em temperatura de -60°C, e posteriormente foram liofilizados e armazenados em recipientes de vidro com tampa hermética até a preparação dos extratos. Para obtenção dos extratos, foram utilizadas 0,1 g de matéria seca de cada amostra. Estas foram maceradas conforme Telaxka et al. (2018), em 4

mL de tampão fosfato 0,01M (pH 6) contendo 1% (p/p) de Polivinilpirrolidona em almofariz de porcelana. Os homogeneizados obtidos foram centrifugados a 12576 g, a 4 ° C, por 20 min, e os sobrenadantes obtidos, considerados como extratos enzimáticos, foram utilizados para determinação das atividades de peroxidase e Fenilalanina amônia-liase.

4.2.9.2 Atividade da Peroxidase

As atividades de peroxidases foram avaliadas por espectrofotometria direta, pela medida da conversão do guaiacol em tetraguaiacol a 470nm, conforme metodologia de Lusso e Pascholati, (1999). A mistura de reação constituiu de 2mL, sendo 0,2mL de extrato enzimático e 1,8mL do substrato para a enzima (306 µL de peróxido de hidrogênio P.A., 12,5 mL de guaiacol a 2% e 87,5 mL de tampão fosfato 0,01 M (pH 6,0)). A reação foi conduzida por 2 minutos à 30°C, e posterior leitura da absorbância pelo comprimento de onda de 470nm no intervalo de 60 segundos. A atividade foi determinada pela variação dos valores extremos situados na faixa de incremento linear.

4.2.9.3 Atividade de Fenilalanina-amônia-liase

A avaliação da atividade de fenilalanina amônia-liase foi realizada conforme metodologia descrita por Umesha (2006). A atividade enzimática foi determinada pela leitura espectrofotométrica da produção de ácido trans-cinâmico a partir da atividade de L-fenilalanina. Para isso, 100 µL do extrato enzimático foram acrescidos de 400 µL de tampão Tris HCl 0,025M (pH 8,8) e 500µL de solução de L-fenilalanina 0,05M, e incubados por 2 horas em banho-maria a 40°C. Após este tempo, a reação foi paralisada com a adição 60µL de HCl 5N, seguida da leitura em espectrofotômetro a 290nm. A atividade de fenilalanina amônia-liase foi avaliada pela diferença entre a absorbância da leitura da mistura de cada amostra e da amostra controle composta por 100µL do extrato enzimático e 900µL de tampão Tris-HCl 0,025M (pH 8,8), sendo o valor obtido comparado com a curva padrão para ácido trans-cinâmico e expressa em mg de ácido trans-cinâmico h⁻¹ mg de proteína.

4.2.10 Análise estatística

Todos os resultados dos bioensaios foram submetidos às análises exploratórias para avaliar as pressuposições de normalidade dos resíduos (SHAPIRO; WILK, 1965), a

homogeneidade de variância dos tratamentos e a aditividade do modelo (BURR; FOSTER, 1972), para permitir a aplicação da ANOVA. As médias que atenderam aos pressupostos paramétricos foram comparadas pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro. Quando o coeficiente de variação foi muito elevado (superior à 30%), os dados foram transformados pela Raiz quadrada de $Y + 1.0 - \text{SQRT}(Y + 1.0)$.

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Identificação dos principais grupos de microrganismos presentes no EM

O plaqueamento permitiu identificar que o EM apresentou leveduras como principal grupo de microrganismos (Tabela 9), desenvolvendo-se nos meios Martin, MYGP e BDA, e com o maior número de unidades formadoras de colônias. Apresentou também unidades formadoras de colônias de *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp, além de outra colônia com coloração cinzenta e aspecto filamentososo, não identificado durante o processo, todos em menor quantidade de UFC's. Na Tabela 9 são apresentados apenas os meios de cultura e diluições que apresentaram ao menos 1 UFC.

Tabela 9: Unidades formadoras de colônias a partir do EM, nos meios de cultura meio Martin, meio MYGP e meio BDA, com diluições seriadas 10^{-3} ; 10^{-4} e 10^{-5} .

Meio de Cultura	Diluição	UFC meio cultura	Leveduras	<i>Aspergillus</i> sp	<i>Penicillium</i> sp	UFC cinzenta
MEIO MARTIN	10^{-3}	5	3,22	-	-	-
	10^{-4}	3	4,00	4,00	-	-
	10^{-5}	3	-	-	5,00	5,30
MEIO MYGP	10^{-3}	6	3,30	-	-	-
	10^{-4}	1	4,00	-	-	-
MEIO BDA	10^{-3}	12	3,60	-	-	-

Valores em Unidade Formadora de Colônias por mL (UFC/mL) transformada em Log10.

4.3.2 Quantificação de silício na água de vidro

O preparado água de vidro, elaborado a partir da cinza de casca de arroz, apresentou um teor de silício solúvel em água, de apenas 39,2mgSi/L. A cinza de casca de arroz, apresentou um índice mais elevado de Si solúvel em água, de 1154,9mgSi/kg.

4.3.3 Quantificação de silício foliar

Os tratamentos aplicados não proporcionaram diferenças nas concentrações de silício nas folhas de milho, sendo que as concentrações verificadas ficaram entre 0,33 e 0,5% de Si foliar (Tabela 10).

Tabela 10: Concentração de silício foliar em milho tratado com EM e água de vidro.

TRATAMENTO	Si FOLIAR (%)
Testemunha	0,50 ± 0,02 ^{ns}
EM	0,33 ± 0,08
Água de Vidro	0,46 ± 0,10
EM + Água de vidro	0,39 ± 0,09
C.V. (%)	6,42

^{ns}Médias ± EP não apresentaram diferença significativas pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. Dados transformados pela Raiz quadrada de $Y + 1.0 - \text{SQRT}(Y + 1.0)$.

4.3.4 Quociente Metabólico do Solo

Ao avaliar os aspectos do quociente metabólico do solo, os tratamentos aplicados não provocaram diferenças na respiração basal do solo (RBS), na biomassa microbiana em carbono (BMS-C) e no quociente metabólico do solo ($q\text{CO}_2$) (Tabela 11).

Tabela 11: Biomassa microbiana do solo em carbono, respiração basal do solo e quociente metabólico do solo com aplicação de EM e água de vidro.

TRATAMENTO	BMS-C(mgC _{microbiano} /kgSolo)	RBS (mgCO ₂ /kgSOLO/h)	qCO ₂ (RBS/BMS-C)
Testemunha	27,35 ± 3,04 ^{ns}	3,12 ± 0,40 ^{ns}	0,10 ± 0,00 ^{ns}
EM	23,63 ± 6,44	3,22 ± 0,41	0,16 ± 0,04
Água de vidro	16,88 ± 8,93	3,14 ± 0,07	0,13 ± 0,03
EM + água de vidro	44,57 ± 9,57	3,89 ± 0,27	0,09 ± 0,01
C.V. (%)	30,81	7,09	2,37

^{ns}Médias ± EP não significativos pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. Análise com dados transformados pela Raiz quadrada de $Y + 1.0 - \text{SQRT}(Y + 1.0)$

4.3.5 Sobrevivência de *Spodoptera frugiperda*

Os tratamentos aplicados não provocaram diferença no comportamento das lagartas em segundo instar, apresentando índices semelhantes de mortalidade e canibalismo (Tabela 12).

Tabela 12: Mortalidade e canibalismo de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com EM e água de vidro, em número de indivíduos.

TRATAMENTO	MORTALIDADE (n°)	CANIBALISMO (n°)
Testemunha	5,45 ± 0,35 ^{ns}	1,60 ± 0,26 ^{ns}
EM	5,05 ± 0,56	2,20 ± 0,35
Água de vidro	5,65 ± 0,49	1,75 ± 0,26
EM + Água de vidro	4,25 ± 0,45	1,80 ± 0,28
C.V.(%)	16,1	25,56

^{ns}Não significativo pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. Análise com dados transformados pela Raiz quadrada de Y + 1.0 - SQRT (Y + 1.0).

4.3.6 Parâmetros biológicos de *Spodoptera frugiperda*

Índices de mortalidade consideravelmente menores foram observados quando aplicado apenas EM (T2), em relação aos demais tratamentos (Tabela 13). A testemunha (T1) apresentou elevado índice de mortalidade, igual ao EM associado à água de vidro (T4), ambos com 90% de mortalidade nas fases lagarta e pupa. O uso de apenas água de vidro (T3) proporcionou mortalidade de 83,3% (Tabela 13).

Tabela 13: Mortalidade percentual (%) de lagartas e pupas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de milho tratadas com EM e água de vidro.

Trat.	1 Instar (%)	2 Instar (%)	3 Instar (%)	4 Instar (%)	5 Instar (%)	6 Instar (%)	Pré-Pupa (%)	Pupa (%)	Total (%)
T1	30,00 ^{ns}	10,00 ^{ns}	3,33 ^{ns}	0,00 ^{ns}	13,33 ^{ns}	10,00 ^{ns}	13,33 ^{ns}	10,00 ^{ns}	90,00 ^{ns}
T2	16,67	0,00	6,67	3,33	10,00	6,67	6,67	10,00	60,00
T3	30,00	13,33	3,33	0,00	3,33	3,33	6,67	23,33	83,33
T4	36,67	10,00	0,00	6,67	3,33	20,00	10,00	3,33	90,00
C.V. (%)	51,07	115,93	228,04	276,49	175,06	127,49	143,34	101,33	26,8

^{ns}Não significativo pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Análise com dados transformados pela função $y = \arcsen \sqrt{P\%/100}$. T1: Testemunha; T2: EM; T3: Água de vidro; T4: EM + água de vidro.

Ao avaliar o desenvolvimento larval de *S. frugiperda*, os tratamentos não proporcionaram alterações no período de desenvolvimento das lagartas (Tabela 14).

Tabela 14: Duração da fase larval de *Spodoptera frugiperda* por instar em dias.

Trat.	1 Instar	2 Instar	3 Instar	4 Instar	5 Instar	6 Instar	Total
T1	1,83 ± 0,12 ^{ns}	2,33 ± 0,24 ^{ns}	1,99 ± 0,19 ^{ns}	2,46 ± 0,29 ^{ns}	2,85 ± 0,14 ^{ns}	4,37 ± 0,50 ^{ns}	17,23 ± 1,53 ^{ns}
T2	1,63 ± 0,06	2,04 ± 0,13	2,10 ± 0,09	2,56 ± 0,15	2,97 ± 0,20	3,75 ± 0,08	14,13 ± 0,38
T3	1,57 ± 0,06	2,00 ± 0,21	2,39 ± 0,13	2,42 ± 0,33	2,72 ± 0,13	3,86 ± 0,09	14,56 ± 0,54
T4	1,60 ± 0,09	2,18 ± 0,22	2,35 ± 0,08	2,42 ± 0,20	2,83 ± 0,28	4,87 ± 0,79	17,33 ± 1,32
C.V. (%)	14,2	25,13	14,23	27,11	17,85	26,24	15,63

^{ns}Média ± EP não apresentam diferença significativa pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. T1: Testemunha; T2: EM; T3: Água de vidro; T4: EM + água de vidro.

No período de pré-pupa, peso de pupa e razão sexual não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 15). Já no período de pupa, o uso de EM mais água de vidro apresentou menor tempo de desenvolvimento, diferindo da água de vidro isolada, que apresentou o maior tempo (Tabela 15).

Tabela 15: Duração das fases de pré-pupa e pupa, peso de pupa e razão sexual de adultos de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de milho tratados com EM e água de vidro.

Trat.	Pré-pupa (dias) ¹	Pupa (dias) ¹	Peso de pupa (g)	Razão sexual ²
T1	1,90 ± 0,10 ^{ns}	11,00 ± 1,00 ab	0,23 ± 0,01 ^{ns}	0,60 ± 0,24 ^{ns}
T2	1,57 ± 0,11	10,77 ± 0,17 ab	0,22 ± 0,01	0,42 ± 0,05
T3	1,64 ± 0,29	11,50 ± 0,29 a	0,22 ± 0,02	0,53 ± 0,18
T4	1,67 ± 0,21	10,25 ± 0,25 b	0,21 ± 0,02	0,67 ± 0,33
C.V. (%)	9,2	2,17	14,15	13,85

^{ns}Média ± EP não apresentam diferença significativa pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. ¹Média ± EP seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. ²Análise com dados transformados pela Raiz quadrada de $Y + 1.0 - \text{SQRT}(Y + 1.0)$. T1: Testemunha; T2: EM; T3: Água de vidro; T4: EM + água de vidro.

Ocorreu deformação de adultos em todos os tratamentos, sem diferenças entre os índices observados, conforme descrito na Tabela 16.

Tabela 16: Total de adultos e número de indivíduos de *Spodoptera frugiperda* com deformação por tratamento.

TRAT.	TOTAL ADULTOS	MÁ FORMAÇÃO	ÍNDICE DE MÁ FORMAÇÃO ¹
T1	3	2	0,67 ± 0,33 ^{ns}
T2	11	4	0,36 ± 0,15
T3	5	2	0,40 ± 0,24
T4	3	1	0,33 ± 0,33
C.V. (%)	-	-	17,76

^{ns}Média ± EP não apresentam diferença significativa pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. ¹Análise com dados transformados pela Raiz quadrada de Y + 1.0 - SQRT (Y + 1.0). T1: Testemunha; T2: EM; T3: Água de vidro; T4: EM + água de vidro.

4.3.7 Preferência alimentar com chance de escolha

Nas primeiras 48 horas, o EM apresentou maior população de lagartas, o que indica maior atratividade do mesmo para as lagartas. Já após 72 horas, não apresentou atratividade, sendo que o número de lagartas encontrado foi menor que o encontrado na testemunha (Tabela 17).

Tabela 17: Preferência alimentar com chance de escolha para lagartas de *Spodoptera frugiperda* em segundo instar com folhas de milho tratadas com EM e água de vidro.

TRATAMENTO	24 Horas	48 Horas	72 Horas	96 Horas
Testemunha	1,45 ± 0,34 c	1,85 ± 0,32 b	3,40 ± 0,41 a	2,40 ± 0,28 ^{ns}
EM	4,35 ± 0,36 a	3,45 ± 0,39 a	1,50 ± 0,27 b	1,35 ± 0,40
Água de vidro	3,15 ± 0,40 ab	1,75 ± 0,29 b	2,45 ± 0,36 ab	2,15 ± 0,36
EM + água de vidro	2,55 ± 0,26 bc	2,65 ± 0,39 ab	1,35 ± 0,27 b	1,75 ± 0,23
C.V. (%)	24,11	26,92	26,17	29,21

Médias ± EP seguidos com a mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. ^{ns}Não apresenta diferença significativa pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. Análise com dados transformados pela Raiz quadrada de Y + 1.0 - SQRT (Y + 1.0).

A testemunha não foi atrativa nas primeiras 48 horas, apresentando os menores índices de preferência, situação diferente após 72 horas, onde apresentou maior preferência. A água de vidro apresentou preferência superior a testemunha nas primeiras 24 horas, não apresentando preferência nas 48 horas, e não diferindo de nenhum outro tratamento às 72 horas. Já o EM associado com a água de vidro apresentou preferência menor que o EM nas

primeiras 24 horas, não diferindo dos demais tratamentos nas 48 horas, e apresentando baixa preferência após 72 horas (Tabela 17).

Após 96 horas, os tratamentos não apresentaram diferença na preferência entre eles, provavelmente pela troca de instar, já que após este período a maioria das lagartas já estavam em terceiro instar, o que permitiu maior mobilidade entre as folhas dos diferentes tratamentos (Tabela 17).

4.3.8 Atividades de Peroxidase e Fenilalanina amônia-liase

A atividade de peroxidase, 17 dias após a aplicação do tratamento, quando aplicado apenas água de vidro, alcançou 15,41 Absorbância a 470nm /min-1/g_{MATÉRIA SECA}, valor superior em relação à aplicação de EM isolado e ao EM associado com a água de vidro, sendo que estes não diferiram da testemunha, apresentando valores de entre 10,57 e 11,29 mg/g_{Matéria seca} (Tabela 18). Sobre a atividade de Fenilalanina amônia-liase, no mesmo prazo após a aplicação, os tratamentos acima mencionados não proporcionaram diferenças na atividade da enzima.

Tabela 18: Atividade de Peroxidase e Fenilalanina amônia-liase em folhas de milho tratadas com EM e água de vidro.

TRATAMENTO	PEROXIDASE (Absorbância a 470nm / min-1/g _{MATÉRIA SECA})	FENILALANINA(mg ác. transcinâmico/h/g _{MAT.SECA}) ¹
Testemunha	10,81 ± 0,78 b	0,73 ± 0,34 ^{ns}
EM	10,57 ± 1,11 b	0,33 ± 0,16
Água de Vidro	15,41 ± 0,88 a	0,42 ± 0,16
EM + Água de vidro	11,29 ± 0,54 b	0,17 ± 0,11
C.V. (%)	17,37	15,68

Médias ± EP seguidos com a mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. ^{ns}Não significativo pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. ¹Análise com valores transformados pela variável Raiz quadrada de Y + 1.0 - SQRT (Y + 1.0)

4.4 DISCUSSÃO

Ao analisar os resultados obtidos com o processo de identificação dos principais grupos de microrganismos do EM (Tabela 9), estes apresentaram menor diversidade que o descrito por Andrade (2011), ao apresentar que o EM é composto, principalmente, por quatro grupos de microrganismos, os quais: leveduras, actinomicetos, bactérias produtoras de ácido

lático e bactérias fotossintéticas, dos quais apenas leveduras foram encontradas no presente trabalho, além dos gêneros *Aspergillus* e *Penicilium*, e do fungo não identificado.

As leveduras desempenham papel importante, conforme Siqueira e Siqueira (2013), ao ativar outros microrganismos do solo, por meio da produção de um ambiente necessário para a reprodução de outros microrganismos benéficos, como bactérias lácticas e actinomicetos. Também produzem substâncias bioativas, como hormônios e enzimas, que atuam como promotoras de crescimento das raízes, além de sintetizarem vitaminas e outras substâncias úteis.

Já os gêneros *Aspergillus* e *Penicilium* situam-se entre os mais abundantes no solo e estão entre os decompositores de celulose (CHALFOUN et al., 2015). Os mesmos autores ainda citam que estes gêneros são considerados potenciais solubilizadores de fósforo quando presentes no solo. Ao mesmo tempo, estes gêneros estão entre as espécies que colonizam grãos armazenados, podendo causar diminuição da qualidade destes (CATÃO et al., 2013). Desta forma, há a necessidade de maiores estudos sobre estes gêneros encontrados, visando esclarecer o quanto benéfico, ou não, é a presença destes num preparado para uso agrícola.

Ao analisar a concentração de silício na água de vidro, os valores obtidos pelo método utilizado para quantificação de silício foram consideravelmente baixos, dado que, segundo Foletto et al. (2005), a cinza de casca de arroz possui 92% de SiO₂, o que significa 40,2% de silício. Considerando a diluição da cinza na elaboração da água de vidro, e que após a decantação do material sólido não dissolvido, este foi descartado, durante o processo foi possível extrair grande parte do silício solúvel em água. Isto porque em 1,040g do preparado água de vidro, apenas 40g era cinza, o restante era água. Desta forma, nesta quantidade de cinza, a água de vidro possui 46,2mgSi. Este teor é relativamente próximo do obtido na água de vidro, indicando que durante o processo, houve a extração de grande parte do silício.

Este baixo valor de silício na água de vidro obtido pode ser uma limitação que o método de quantificação de Si solúvel em água apresenta, ao não extrair todo o silício solúvel, pois Ueda et al. (2007), ao analisar cinzas do fundo do forno e do sistema de purificação de gases de usinas termoeletricas, com método para determinação de silício solúvel em água, obteve valores de 502 e 805mg/kg de SiO₂, respectivamente. Este autor analisou também um fertilizante silicatado comercial, obtendo índice significativamente menor (100mg/kg) com o mesmo método, pelo fato de que a água destilada é um eluente suave, e Kato e Sumita (2000) apud Ueda et al (2007), explicam que métodos de extração suave representam melhor o silicato disponível no solo.

De acordo com a Instrução Normativa 46, de 22 de novembro de 2016 (BRASIL, 2016), um fertilizante com fonte de silício para aplicação via solo, deve conter o teor mínimo total de 0,5% de Si em sua composição, o que equivale à 5g/kg. Desta forma, o montante de Si solúvel em água obtido neste trabalho está consideravelmente abaixo deste valor, o que não enquadraria a água de vidro como fertilizante com fonte de silício.

Analisando os resultados obtidos na quantificação da concentração de Si foliar, baseado no índice de silício na água de vidro, é possível inferir que este preparado, durante 17 dias após sua aplicação, não disponibilizou Si, e que os valores obtidos são resultados, principalmente, da capacidade natural do solo utilizado em disponibilizar silício para o cultivo neste desenvolvido, por não observar diferenças na concentração de silício foliar entre os tratamentos utilizados. Sobre a capacidade de absorção de silício pela cultura, Marschner (1995) apresenta que os cereais situam-se na faixa das plantas intermediárias em acumulação de Si, com concentrações entre 10 e 50mgSi/g de matéria seca.

Freitas et al. (2011) apresentam estudo indicando que o milho acumula entre 0,25 e 1,14% de silício, enquanto Boer (2017) ao avaliar a capacidade de diferentes híbridos de milho em acumular silício, ao aplicar agrossilício em quantidade a fornecer 600kg de Si/ha, obteve médias de 0,61 e 1,47% para cultivos sem e com aplicação de silício, respectivamente. Neste trabalho verifica-se a eficiência de uma fonte de silício em fornecer o elemento para a cultura do milho, bem como os trabalhos demonstram a capacidade da cultura em absorver o elemento, deixando evidente a constatação do baixo teor de Si na água de vidro. Quanto às concentrações de silício foliar obtidas no presente trabalho, estas estão coerentes com os valores obtidos nos trabalhos acima citados, quando não disponibilizado silício para o cultivo.

Considerando os aspectos do EM e a concentração de silício na água de vidro, e os resultados obtidos para determinação do quociente metabólico do solo (Tabela 11), é possível inferir que o EM ou a água de vidro, individualmente ou associados, não foram suficientes para alterar o comportamento dos processos biológicos do solo utilizado. Cabe destacar que as amostras utilizadas para a análise ficaram armazenadas a $\pm 4^{\circ}\text{C}$ por aproximadamente 20 dias antes das análises, porém outros trabalhos também armazenaram o solo nestas condições, porém já peneirado (TRANNIN et al., 2007, MATIAS et al., 2009).

O solo utilizado era proveniente de um sistema de cultivo convencional, com elevado uso de agroquímicos sintéticos, e os processos de coleta e enchimento dos vasos provocaram o revolvimento do solo. Segundo Balota et al. (1998), é possível que estes fatores tenham proporcionado alterações significativas nos processos biológicos deste solo, de modo que os tratamentos aplicados não conseguiram influenciar estes aspectos do solo utilizado.

Pelo fato do solo ter ficado um ano armazenado em galpão, é possível inferir que sua atividade biológica foi reduzida, porém pouco alterou a abundância de microrganismos, o que indica que estes se alimentaram da matéria orgânica presente neste solo. Neste contexto, a diminuição do qCO_2 no período estaria relacionada com a decomposição da matéria orgânica, servindo de alimento para os microrganismos, provocando baixo nível de estresse na população microbiana (MAWDSLEY e BARDGETT, 1997, apud DE-POLLI e PIMENTEL, 2006).

O EM, apesar de todos seus benefícios já conhecidos na melhoria dos aspectos do solo (HIGA e WIDIDANA, 1991; SANGAKKARA, 2002; TUAT e TRINH, 2002; ANDRADE, 2011), neste trabalho não se mostrou eficiente. O baixo efeito do EM pode estar relacionado com a baixa diversidade e baixa concentração de microrganismos presente no mesmo, associado à diminuição da matéria orgânica do solo, conforme descrito no parágrafo anterior, pois segundo Andrade et al. (2011), o EM se alimenta da matéria orgânica do solo.

A RBS está diretamente relacionada com as condições abióticas do solo (DE-POLLI e PIMENTEL, 2006; SILVA et al., 2007b), enquanto a BMS-C representa a parte viva da matéria orgânica do solo, e pode ser utilizada como indicativo de perturbações no solo, causadas, entre outros, por práticas de manejo (TÓTOLA e CHAER, 2002; DE-POLLI e PIMENTEL, 2006). Já o qCO_2 pode ser usado como indicador de estresse, pois permite indicar os impactos que o manejo adotado causa ao solo, num curto período de tempo (DE-POLLI e PIMENTEL, 2006). Com base nestes elementos, e analisando os resultados obtidos, é possível concluir, que nas condições de condução deste trabalho, os tratamentos, ao não apresentar alterações nestes aspectos, indica que não provocaram estresses ou perturbações sobre os aspectos do qCO_2 , sendo que as possíveis alterações nestes aspectos são consequências do manejo adotado previamente à montagem do experimento.

Nas avaliações sobre aspectos biológicos de *S. frugiperda*, verifica-se pouca influência dos tratamentos no comportamento *da espécie*. Provavelmente a disponibilidade e qualidade do alimento fornecido permitiu que as lagartas se alimentassem com facilidade, atendendo assim a demanda nutricional exigida pela espécie, não havendo necessidade da prática de canibalismo, tampouco influenciando os níveis de mortalidade ocorridos nas condições de condução do experimento.

A baixa concentração de silício foliar resultante da baixa disponibilidade de Si na água de vidro, indica que esta não proporcionou silício solúvel em quantidade suficiente a ponto de permitir a formação de compostos que forneçam estrutura de proteção para as plantas de milho, apesar do maior índice de atividade de peroxidases proporcionado pela água de vidro.

Também o EM, ao não alterar os aspectos biológicos do solo, não forneceu nutrição suficiente para a planta induzir resistência ou ser menos palatável às lagartas, o que foi observado na aplicação individual e na associada com EM e água de vidro.

Desta forma, a semelhança nos índices de mortalidade e canibalismo indica que o comportamento das lagartas alimentadas com plantas que receberam os tratamentos permaneceu igual às alimentadas com a testemunha. De acordo com Chapman et al. (1999a), uma maior propensão ao canibalismo está relacionada à menor disponibilidade de alimento, ou quando este não atende a demanda nutricional das lagartas, levando à mudança de comportamento nestas situações. Os autores elencam ainda que o canibalismo é uma estratégia para diminuição da densidade populacional, situação mais frequente em baixas disponibilidades de alimento ou altas densidades populacionais (CHAPMAN et al., 1999b).

Utilizando tratamentos com aporte nutricional de silício em milho e arroz, Goussain et al. (2002) e Nascimento et al. (2014), constataram que lagartas alimentadas com plantas tratadas com silício apresentaram índice de mortalidade superiores em relação às testemunhas. Goussain et al. (2002) ainda constatou índices de canibalismo significativamente superior em lagartas alimentadas com milho tratado com silício, estando estes resultados relacionados com o apresentado por Chapman et al. (1999a), sobre a influência da alimentação nesta prática da espécie, referente à mudança de comportamento quando não dispõe de alimento de qualidade.

Mesmo com estudos apresentando os benefícios do EM na prevenção e proteção à doenças e pragas, (HIGA e WIDIDANA, 1991; SANGAKKARA, 2002; TUAT e TRINH, 2002; ANDRADE, 2011), neste trabalho não foi possível observar estes benefícios para controle efetivo de *Spodoptera frugiperda*, onde os índices de mortalidade da espécie não diferiram estatisticamente dos demais tratamentos, quando alimentadas com milho tratado com EM aplicado no solo.

A não alteração no índice de sobrevivência das lagartas no tratamento com EM pode estar relacionada à qualidade do alimento ingerido, que atendeu de maneira eficiente a demanda nutricional da espécie. De acordo com Parra (1991), o alimento afeta diretamente o desenvolvimento do inseto. Com base nesses fatores, e observando o índice de mortalidade, pode-se inferir que o EM, associado à adubação orgânica realizada no cultivo, permitiu maior nutrição da cultura, semelhantemente ao observado por Xu (2000), ao constatar a capacidade do EM, quando aplicado em conjunto com a adubação orgânica, em proporcionar maior produção de massa seca, maior área foliar e desenvolvimento radicular, comparado com adubação química.

Maior sobrevivência de praga com o uso de EM foi observado por Mitsuiki (2006), ao constatar maior ataque de *Diabrotica speciosa* em batata com a utilização do EM, em relação à não aplicação, sendo que considerou a coloração escura resultante do maior teor de matéria orgânica como principal fator que favoreceu a postura das fêmeas da espécie.

Maior mortalidade de lagartas de *S. frugiperda* foi obtido por Goussain et al. (2002), quando alimentadas com plantas de milho tratadas com silício, em relação à testemunha. Esta maior mortalidade foi atribuída pelos autores à barreira física ocasionada pelo silício, que dificultou a alimentação das lagartas. Osman et al. (2015) alcançaram elevados índices de mortalidade ao alimentar lagartas de *Spodoptera littorals* em 2º instar com folhas de mamona submergidas em nanossílica e EM a diferentes concentrações, por 15 minutos antes de fornecer às lagartas, quando comparados com valores obtidos pelo controle.

Embora o EM tenha proporcionado maior mortalidade, a não alteração na duração das fases larval e de pupa pode estar relacionada ao tempo entre a aplicação dos tratamentos e a montagem dos experimentos, de apenas 17 dias. Por se tratar de um solo oriundo de cultivo convencional, aliado à baixa disponibilidade de matéria orgânica, é possível supor que os microrganismos demandem de maior tempo para se consolidar na área, para então consolidar uma nutrição adequada ao cultivo, enquanto a água de vidro, necessita de mais tempo para disponibilizar o silício em forma assimilável pelo cultivo, em quantidade que este consiga consolidar estruturas de resistência na planta.

A aplicação de água de vidro via solo com o propósito de fornecer silício proporcionou maior duração da fase de pupa. O período de pupa varia, entre outros fatores, da fonte de alimento das lagartas, sendo que um alimento menos favorável proporcionará maior tempo de desenvolvimento (CRUZ, 1995; BUSATO et al., 2002; ROEL et al., 2017). Goussain et al. (2002), embora tenha observado maior mortalidade de lagartas de *S. frugiperda* quando alimentadas com milho tratado com silício, não verificou diferença na duração das fases larval e pupal, nem no peso de pupas.

Maior capacidade nutricional do milho tratado com EM também proporcionou maior preferência de parte das lagartas no teste de preferência alimentar com chance de escolha, nas primeiras 48 horas. Após 72 horas, a testemunha apresentou maior atratividade que o uso do EM. A aplicação de água de vidro também apresentou elevada preferência nas primeiras 24 horas, equivalente ao EM, porém resultou numa menor preferência após 48 horas. Menor preferência de *S. frugiperda* por plantas tratadas com silício, 48 e 72 horas após montagem do experimento foram encontradas por Nascimento et al. (2014) em tratamentos com Si aplicado via solo e foliar em arroz, proporcionando maior proteção ao ataque da espécie praga.

A água de vidro ainda proporcionou maior atividade de peroxidases na cultura do milho, embora não tenha alterado a concentração de Si foliar na cultura. As características da água de vidro não provocaram alterações nos aspectos do quociente metabólico do solo. Com base na concentração de silício solúvel em água, que não a qualifica como fonte de silício, é possível inferir que o tratamento disponibilizou silício em quantidade inferior à requerida pelo cultivo para constituir resistência à alimentação de *S. frugiperda*.

A aplicação conjunta de EM e água de vidro apresentou menor tempo de duração da fase de pupa, associada a uma mortalidade larval de 77% e de pupas de 13%, enquanto no teste de preferência com chance de escolha, nas primeiras 24 horas apresentou menor preferência que o EM isolado, e após 72 horas, menor preferência que a testemunha, se igualando ao EM isolado. Nos demais aspectos avaliados, o EM associado com a água de vidro não apresentou diferença com os demais tratamentos, além de não alterar os aspectos do quociente metabólico do solo, concentração de silício foliar e atividades de enzimas indutoras de resistência.

As poucas diferenças levam a inferir que quando aplicados em conjunto, o EM com a água de vidro, não houve melhoria no efeito destes, mantendo os resultados semelhantes aos tratamentos isolados ou da testemunha.

De acordo com Fernandes (2003), a má formação de adultos de *S. frugiperda* está relacionada à má nutrição da fase larval, pois aspectos de desenvolvimento de insetos estão diretamente relacionados com a quantidade e qualidade do alimento ingerido, onde as exigências nutricionais são específicos para cada espécie e etapa de desenvolvimento, e no caso de *S. frugiperda* dependem de reservas acumuladas num estágio anterior de desenvolvimento (PARRA, 1991).

Considerando que todos os tratamentos apresentaram má formação, sem diferenças entre estes, é possível supor que o cultivo do milho, nas condições em que se desenvolveu, não atendeu a demanda nutricional de *S. frugiperda*, e a aplicação dos tratamentos não proporcionou alterações nas características nutricionais do cultivo, o que proporcionou, além da má formação, um elevado índice de mortalidade de lagartas alimentadas com milho da testemunha e tratados com água de vidro e EM associado à água de vidro.

Embora a aplicação de água de vidro não tenha alterado a concentração de silício foliar, nem influenciado significativamente o comportamento de *S. frugiperda*, proporcionou uma maior atividade de peroxidase, situação observada apenas quando aplicada isoladamente, uma vez que a aplicação em conjunto com o EM não apresentou a mesma eficiência em induzir maior atividade da enzima. A atividade de peroxidase pode ser induzida pela ação de

agentes bióticos, embora não foi possível observar neste trabalho, permitindo inferir que assim como a água de vidro proporcionou aumento da atividade de peroxidase, o EM, quando aplicado em conjunto com a água de vidro, este inibiu as características desta que estimularam o aumento da atividade.

Uma maior atividade de peroxidase tem sido frequentemente associada a uma maior capacidade de defesa da planta (STANGARLIN et al., 2011). Considerando que a atividade de peroxidase pode estar envolvida em diversos processos da planta, é possível deduzir que as plantas que receberam tratamento com água de vidro apresentam maior resistência ao ataque de pragas e doenças, consequência da maior atividade de peroxidase, em relação aos demais tratamentos.

Trabalhos demonstram a eficiência do silício em aumentar a atividade de peroxidase em cultivos, entre os quais Gomes et al. (2005) constataram que o silício, aplicado na forma de silicato de cálcio, em trigo, apresentou atividade maior que a testemunha, e destaque para silício mais infestação artificial de pulgão das gramíneas, com valores maiores que apenas silício ou infestação artificial da espécie de pulgão. Gomes et al. (2008) avaliou o efeito do silício na forma de solução de ácido silícico a 1%, tanto via solo como foliar, obteve maior atividade de peroxidase que a testemunha.

Apesar de ter provocado alteração na atividade de peroxidase, a água de vidro não provocou alterações na atividade de fenilalanina amônia-liase, importante enzima para o metabolismo secundário da planta (STANGARLIN et al., 2011). O EM tampouco provocou alterações na atividade de fenilalanina amônia-liase.

Outros autores já constataram a não alteração de atividade de fenilalanina amônia-liase pela aplicação de silício. Gomes et al. (2005) ao avaliar a aplicação de silicato de cálcio em trigo, para controle do pulgão das gramíneas, não obteve diferença nos valores de fenilalanina amônia-liase, quando utilizado apenas a fonte de silício. Porém, ao realizar infestação artificial da praga, constatou elevação nos índices de fenilalanina amônia-liase. Gomes et al. (2008), avaliando efeito de solução de ácido silícico a 1%, aplicado via solo e foliar em batata, não obteve diferenças na atividade de fenilalanina amônia-liase. Lorenzetti et al. (2018) também constataram que a atividade de fenilalanina amônia-liase em plântulas de soja, quando tratadas com extrato aquoso de alecrim em diferentes concentrações, foi expressiva apenas a 5%, maior concentração usada, e apenas após a inoculação do patógeno, houve um pico de incremento da atividade da enzima, o que, segundo os autores, não estaria apenas relacionado com a colonização do patógeno, mas também resultado da indução promovida

pelo extrato de alecrim a 5%, já que os demais tratamentos não apresentaram este incremento na atividade.

4.5 CONCLUSÕES

O uso de EM e água de vidro, tanto isolados como associados, não alteraram o ciclo de desenvolvimento de *S. frugiperda*, exceto a duração da fase de pupa, além da concentração de Si foliar no milho, qCO₂, atividade de Fenilalanina amônia-liase.

A aplicação de EM possibilitou uma sobrevivência maior de *Spodoptera frugiperda*, quando comparado à testemunha, EM associado à água de vidro e água de vidro.

A água de vidro, mesmo não alterando o teor de silício foliar, conseguiu aumentar a atividade de peroxidases, e prolongou o tempo de desenvolvimento da fase de pupa.

São necessários maiores estudos para confirmar a incapacidade da água de vidro como fonte de silício e seu potencial na proteção de cultivos, bem como avaliar a capacidade do EM em proporcionar proteção ou não ao ataque de lagarta do cartucho em milho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para estudos sobre impacto e efeitos do EM e água de vidro no solo, é necessário acompanhamento com análises de solo periódicas na área estudada, visando observar as alterações que provocam nos aspectos biológicos e nutricionais do solo, e no aumento da disponibilidade de silício deste solo. Para trabalhos futuros, sobre a água de vidro, propõe-se considerar alguns fatores: avaliar a eficácia da mesma na aplicação foliar, adicionando um espalhante adesivo para melhorar a aderência na folha, com aplicações periódicas. A aplicação foliar pode ser mais prática de realizar em nível de produtor, com um volume consideravelmente menor de produto e de calda, mesmo com repetidas aplicações. Necessidade de avaliar também o comportamento da planta, quando em aplicação foliar, ou do solo, em caso de aplicação via solo, avaliando alterações e características químicas e nutricionais. É importante realizar a quantificação de silício total e silício solúvel na água de vidro, dado que não foi possível de realizar neste trabalho pela não disponibilidade dos reagentes necessários. Em aplicação via solo, avaliar a viabilidade do uso da cinza de casca de arroz, bem como formas de queima da casca de arroz que apresentem maior disponibilidade de silício solúvel. Para efeitos práticos, avalia-se que para viabilizar o uso da cinza da casca de arroz, esta deveria provir de rejeitos de fornalhas que utilizam como fonte de energia a casca de arroz, pois o processo de queima para grandes volumes é trabalhoso, podendo significar em custo elevado de produção.

Há a necessidade de novos estudos antes de descartar os preparados EM e água de vidro como ferramenta para programas de manejo e controle de *S. frugiperda*, visando identificar formas e época de aplicação durante o ciclo de cultivo da cultura.

REFERÊNCIAS

- ALEF, K. Soil respiracion. In: ALEF, K; NANNIPIERI, P. ed. **Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry**. Academic Press. 1995. p214-219. Disponível em: https://ac.els-cdn.com/B9780125138406500203/3-s2.0-B9780125138406500203-main.pdf?_tid=049c1780-0c40-47a6-94d4-038434e4402b&acdnat=1530411645_c046076c3a1f1acc697d2a25c5b1b6c3. Acesso em 30/06/2018.
- ANDRADE, F. M. C. rev. Et al . **Caderno dos Microrganismos Eficientes (EM)** Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. Universidade Federal de Viçosa. 2ed. 2011, 32p.
- BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; & HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE), 1998. Disponível em <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1081344>. acesso em 27/07/2019
- BOER, C. A. **Resistência constitutiva e induzida por silício em híbridos de milho a *Rhopalosiphum maidis* (fitch., 1856) (HEMIPTERA: APHIDIDAE)**. 2017. 70 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Uberlândia, 2017.
- BOMFIM, C. A. **Biofertilizante Hortbio®: características microbiológicas e efeitos na qualidade da alfaca**. 2016. 136 p. Dissertação(Mestrado) – Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Biologia Microbiana, Brasília, 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 46**, de 22 de novembro de 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : MAPA, 2017. 240 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de Agrotóxico Fitossanitário. AGROFIT**. Consulta aberta. Disponível em:<http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 17/11/2019.
- BUSATO, G. R.; GRÜTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; GIOLO, F. P.; MARTINS, A. F. Consumo e utilização de alimento por *Spodoptera frugiperda* (JE Smith)(Lepidoptera: Noctuidae) originária de diferentes regiões do Rio Grande do Sul, das culturas do milho e do arroz irrigado. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 4, p. 525-529, 2002.
- CATÃO, H. C. R. M.; MAGALHÃES, H. M.; SALES, N. L. P.; BRANDÃO JUNIOR, D. S.; ROCHA, F. S. Incidência e viabilidade de sementes crioulas de milho naturalmente infestadas com fungos em pré e pós-armazenamento. **Cienc. Rural**, p. 764-770, 2013.
- CHALFOUN, S. M.; ANGÉLICO, C. L.; BATISTA, L. R.; PEREIRA, M. C. Predominância do gênero *Penicillium* em solos de cultivo de café pelo sistema orgânico. 2005.

CHAPMAN, J. W.; WILLIAMS, T.; ESCRIBANO, A.; CABALLERO, P.; CAVE, R. D.; GOULSON, D. Age-related cannibalism and horizontal transmission of a nuclear polyhedrosis virus in larval *Spodoptera frugiperda*. **Ecological Entomology**, v. 24, n. 3, p. 268-275, 1999.

CHAPMAN, J. W.; WILLIAMS, T.; ESCRIBANO, A.; CABALLERO, P.; CAVE, R. D.; GOULSON, D. Fitness consequences of cannibalism in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Behavioral Ecology**, v. 10, n. 3, p. 298-303, 1999.

CRUZ, I. Manejo de pragas da parte aérea da cultura do milho. In: SANDINI, I. E.; FRANCELI, A. L. (ed.) **Milho: estratégias de manejo para a região sul**. Guarapuava. Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária. 2000. 209 p.

DA SILVA, E. E.; DE AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H.. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO_2). **Embrapa Agrobiologia-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007.

DE-POLLI, H.; PIMENTEL, M. S. **Indicadores de qualidade do solo**. Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília: Embrapa-SCT, p. 17-28, 2005. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/biotacap1ID-Lnm7OIMsPM.pdf>. acesso em 27/07/2019.

FERNANDES, O. D. **Efeito do milho geneticamente modificado (MON 810) em *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) e no parasitóide de ovos *Trichogramma spp.*** 2003. 164 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

FOLETTTO, E. L. HOFFMANN, R.; HOFFMANN, R. S.; PORTUGAL JÚNIOR, U. L.; JAHN, S. L. Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz. **Química Nova**, v. 28, n. 6, p. 1055, 2005.

FREITAS, L. B.; COELHO, E. M.; MAIA, S. C. M.; SILVA, T. R. B. Adubação foliar com silício na cultura do milho. **Revista Ceres**, Vçosa, v. 58, n. 2, p. 262-267, 2011.

FRIGUETTO, R. T. S. Análise da biomassa microbiana em carbono: método de fumigação-extração. In: FRIGUETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J.; Coord. **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo**. Manual técnico. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna – SP, 2000, p157-166.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; SANTOS, C. D.; ANTUNES, C. S. Uso de Silício como Indutor de Resistência em Batata a *Myzus persicae* (Sulzer)(Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 2, p. 185-190, 2008.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; SANTOS, C. D.; GOUSSAIN, M. M. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 6, p. 547-551, 2005.

GOUSSAIN, M. M; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G. NOGUEIRA, N. L.; ROSSI, M. L. 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, 2002.

HIGA, T.; WIDIDANA, G. N. Changes in the soil microflora induced by effective microorganisms. In: **Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming**. US Department of Agriculture, Washington, DC, USA. 1991b. p. 153-162.

KASTEN JR, P.; PRECETTI, A. A. C. M.; PARRA, J. R. P. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) em duas dietas artificiais e substrato natural. **Revista de Agricultura**, 1978.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de Silício: Solo, Planta e Fertilizante**. GPSi-ICIAG-UFU. Boletim técnico; 2ed. 2004, 34p.

KÜSTER, E.; WILLIAMS, S. T. Selection of media for isolation of streptomycetes. **Nature**, v. 202, n. 4935, p. 928-929, 1964.

LORENZETTI, E.; STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; PORTZ, R. L. Indução de resistência à *Macrophomina phaseolina* em soja tratada com extrato de alecrim. **Summa phytopathol.**, Botucatu, v. 44, n. 1, p. 45-50, Mar. 2018

LUSSO, M. F. G., PASCHOLATI, S. F. Activity and isoenzymatic pattern of soluble peroxidases in maize tissues after mechanical injury or fungal inoculation. **Summa Phytopathologica**. v.24, n.3. p. 244-249. 1999.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic, 1995.

MARTIN, J. P. Use of acid, rose bengal, and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. **Soil science**, v. 69, n. 3, p. 215-232, 1950.

MASOUD, W.; CESAR, L. B.; JESPERSEN, L.; JAKOBSEN, M. Yeast involved in fermentation of *Coffea arabica* in East Africa determined by genotyping and by direct denaturing gradient gel electrophoresis. **Yeast**, v. 21, n. 7, p. 549-556, 2004.

MATIAS, M. C. B. S.; SALVIANO, A. A. C.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F. Biomassa microbiana e estoques de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do Estado do Piauí. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 31, n. 3, p. 517-521, 2009.

MITSUIKI, C. **Efeito de sistemas de preparo de solo e do uso de Microrganismos Eficazes nas propriedades físicas do solo, produtividade e qualidade de batata**. 2006. 97 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

MONTEIRO, R. T. R.; FRIGUETTO, R. T. S. Determinação da umidade, pH e capacidade de retenção de água do solo. In: FRIGUETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J.; Coord. **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo**. Manual técnico. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna – SP, 2000, p37-40.

MORAES, W. B. C. Controle alternativo de fitopatógenos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 13, p. 175-190, 1992.

- NASCIMENTO, A. M.; ASSIS, F. A.; MORAES, J. C.; SAKOMURA, R. Não preferência a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) induzida em arroz pela aplicação de silício. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 2, p. 215-218, 2014.
- OSMAN, H. H.; ABDEL-HAFEZ, H. F.; KHIDR, A. A. Comparison between the efficacy of two nano-particles and effective microorganisms on some biological and biochemical aspects of *Spodoptera littorals*. **IJAIR**, v. 3, p. 1620-1626, 2015.
- PARRA, J. R. P. **Consumo e utilização de alimentos por insetos**. Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas. São Paulo: Manole, p. 9-65, 1991.
- PIETROBELLI, S. R. **Eficiência de preparados vegetais no controle de doenças fúngicas e na indução de mecanismos de defesa em tomateiro**. 2019. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Laranjeiras do Sul, 2019
- POMARI, A. F. **Características biológicas de *Telenomus remus* Nixon em ovos de *Corcyra cephalonica* (Satainton) e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith): bases para o desenvolvimento de programas de controle biológico aplicado para as culturas da soja e milho**. 2013. 147 f. Tese (Doutorado em Ciências, área: Entomologia) Universidade de São Paulo, Faculdade Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Ribeirão Preto, 2013. Disponível em: <http://www.ffclrp.usp.br/imagens_defesas/03_07_2014__15_17_06__45.pdf>. Acesso em: 06/11/2017.
- RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, A. P.; KORNDÖRFER, G. H. Silício: Um elemento benéfico e importante para as plantas. **Informações Agrônomicas**, nº 134, 2011, p14-20,
- ROEL, A. R.; SOARES, J. A. L.; PERUCA, R. D.; PEREIRA, L. C.; JADOSKI, C. J. Ocorrência em campo e desenvolvimento em laboratório de *Spodoptera Frugiperda* (J.E. Smith) (Noctuidae) em milho com adubação orgânica e química. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v.10, n.1, 2017, p.67-73.
- SANGAKKARA, U. R. The technology of effective microorganisms – Case studies of application. **Royal Agricultural College**, Cirencester, UK Research Activities, 2002.
- SIQUEIRA, A. P. P.; SIQUEIRA, M. F. B. Bokashi: adubo orgânico fermentado. Niterói: **Programa Rio Rural**, v. 16, 2013. Disponível em <<http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/1993>>. Acesso em 22/11/2019.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Estadual Paraná. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR. 482p, 2017.
- STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; TOLEDO, M V.; PORTZ R L.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; PASCHOLATI, S. F. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 10, n. 1, p. 18, 2011.

TELAXKA, F. J.; JASKI, J. M.; SCHEFFER, D. C.; GEBAUER, J. T.; MOURA, G. S.; FRANZENER, G. Extrato aquoso e fermentados de fumo-bravo (*Solanum mauritianum Scop*) na proteção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) ao crestamento bacteriano comum. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 8, n. 3, 2018.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos em ciência do solo**, v. 2, n. 3, p. 195-276, 2002. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Guilherme_Chaer/publication/285842908_Microrganismos_e_processos_microbiologicos_como_indicadores_da_qualidade_dos_solos/links/5bf2fda592851c6b27cad578/Microrganismos-e-processos-microbiologicos-como-indicadores-da-qualidade-dos-solos.pdf

TRANNIN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 1173-1184, 2007.

TUAT, N. V.; TRINH, L.V. Role of effective microbes in integrated pest management programmes in Vietnam. In: SANGKKARA, U. R. et. al. (ed.) **Seventh international conference on kyusei nature farming**. Christchurch Polytechnic, Christchurch, New Zealand. 2002. p. 176 – 179. Disponível em:

<http://www.infric.or.jp/english/KNF_Data_Base_Web/PDF%20KNF%20Conf%20Data/C7-5-353.pdf>. Acesso em 04/11/2017.

UEDA, T.; KUNIMITSU, Y.; SHINOGI, Yi. Potential conflicts for the reuse of rice husk in Thailand. **Paddy and Water Environment**, v. 5, n. 2, p. 123-129, 2007.

UMESHA, S. Note: phenylalanine ammonia lyase activity in tomato seedlings and its relationship to bacterial canker disease resistance. **Phytoparasitica**, v. 34, n. 1, p. 68-71, 2006.

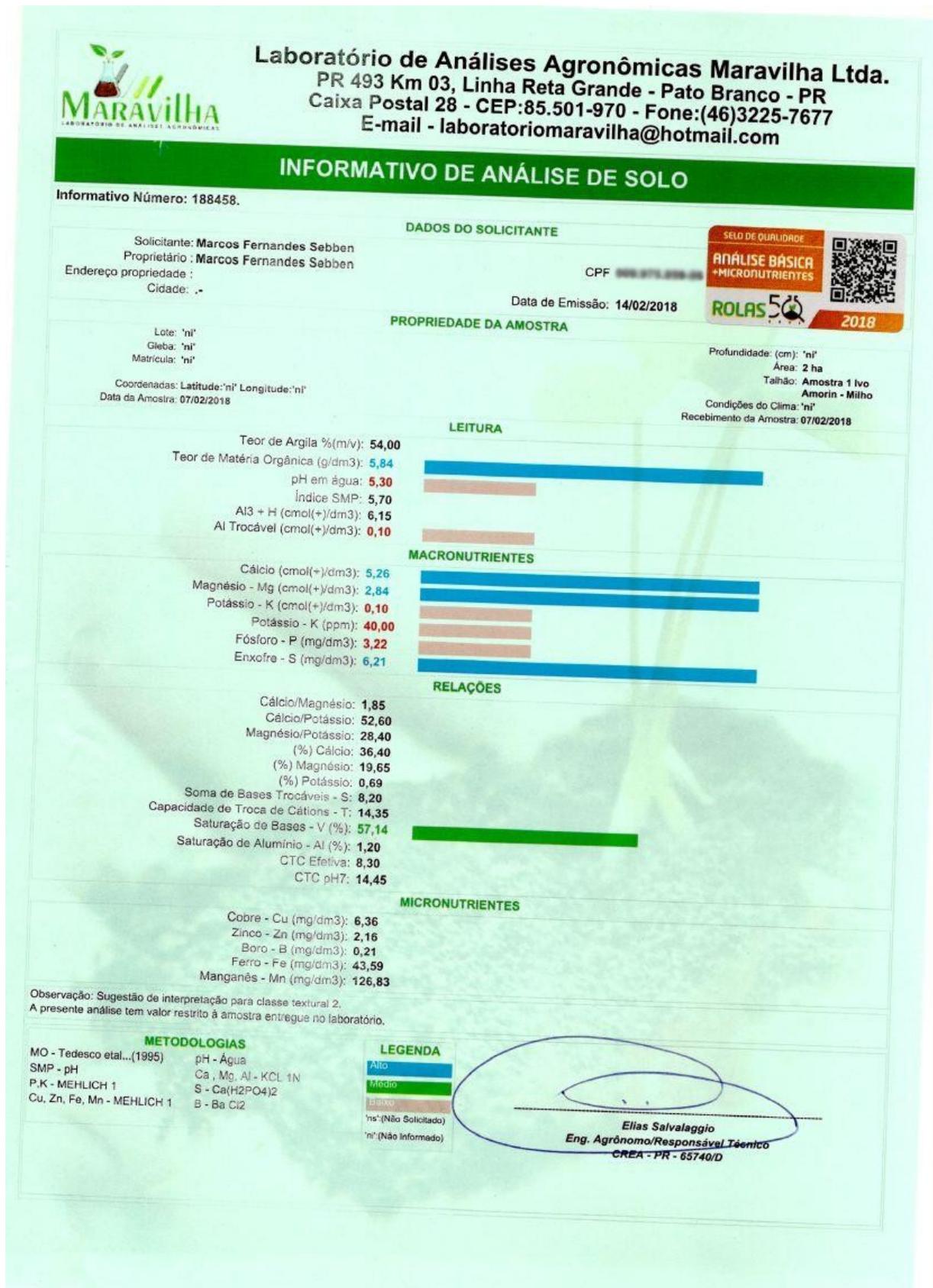
VALICENTE, F. H. Manejo integrado de pragas na cultura do milho. **Circular Técnica**, v. 208, p. 1-13, 2015.

WILLIAMS, J.; CLARKSON, J. M.; MILLS, P. R.; COOPER, R. M. A selective medium for quantitative reisolation of *Trichoderma harzianum* from *Agaricus bisporus* compost. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 69, n. 7, p. 4190-4191, 2003.

XU, H. Effects of a microbial inoculant and organic fertilizers on the growth, photosynthesis and yield of sweet corn. **Journal of Crop Production**, v. 3, n. 1, p. 183-214, 2000.

ANEXOS

Anexo 1: Resultado da análise de solo do solo oriundo de manejo orgânico





Laboratório de Análises Agronômicas Maravilha Ltda.
 PR 493 Km 03, Linha Reta Grande - Pato Branco - PR
 Caixa Postal 28 - CEP:85.501-970 - Fone:(46)3225-7677
 E-mail - laboratoriomaravilha@hotmail.com

INFORMATIVO DE ANÁLISE DE SOLO

Informativo Número: 188458.

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: **Marcos Fernandes Sebben**
 Proprietário: **Marcos Fernandes Sebben**
 Endereço propriedade:
 Cidade: .-

CPF **000.975.000-00**

Data de Emissão: **14/02/2018**

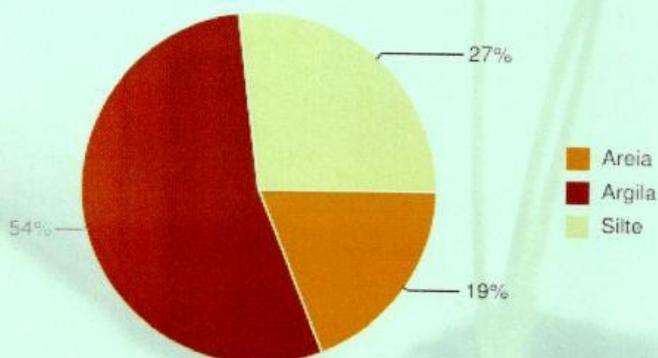
PROPRIEDADE DA AMOSTRA

Lote: 'ni'
 Gleba: 'ni'
 Matrícula: 'ni'
 Coordenadas: Latitude:'ni' Longitude:'ni'
 Data da Amostra: **07/02/2018**

Profundidade: (cm): 'ni'
 Área: **2 ha**
 Talhão: **Amostra 1 Ivo**
Amorin - Miho
 Condições do Clima: 'ni'
 Recebimento da Amostra: **07/02/2018**

GRANULOMETRIA - ANÁLISE FÍSICA

Argila (%): **54,00**
 Silte (%): **27,00**
 Areia (%): **19,00**



TIPO DE SOLO

Solo do Tipo : **3**

A presente análise tem valor restrito à amostra entregue no laboratório.

METODOLOGIAS

TEDESCO et al...(1995).

O tipo de solo está de acordo com o zoneamento agrícola, do Ministério da Agricultura. (Especificado na normativa nr. 10, de 14 de Junho de 2005, publicada DOU de 16 de junho de 2005, seção 1, pag. 12, alterada para instrução normativa nr. 12, através da retificação do DOU de 17 de Junho de 2005, seção 1, pág. 6).

LEGENDA

'ns':(Não Solicitado)

'ni':(Não Informado)

Elias Salvalaggio
Eng. Agrônomo/Responsável Técnico
CREA - PR - 65740/D

Anexo 2: Resultado da análise de solo do solo oriundo de manejo convencional



Laboratório de Análises Agronômicas Maravilha Ltda.
 PR 493 Km 03, Linha Retta Grande - Pato Branco - PR
 Caixa Postal 28 - CEP:85.501-970 - Fone:(46)3225-7677
 E-mail - laboratoriomaravilha@hotmail.com

INFORMATIVO DE ANÁLISE DE SOLO

Informativo Número: 188459.

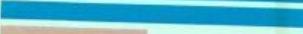
DADOS DO SOLICITANTE	
Solicitante: Marcos Fernandes Sebben	CPF: 000.075.000-00
Proprietário: Marcos Fernandes Sebben	Data de Emissão: 14/02/2018
Endereço propriedade: Cidade: -	



SELO DE QUALIDADE
ANÁLISE BÁSICA + MICRONUTRIENTES
ROLAS 2018

PROPRIEDADE DA AMOSTRA	
Lote: "ni" Gleba: "ni" Matrícula: "ni"	Profundidade (cm): "ni"
Coordenadas: Latitude: "ni" Longitude: "ni"	Área: 4 ha
Data da Amostra: 07/02/2018	Talhão: Amostra 2 Milton Marchioro
	Condições do Clima: "ni"
	Recebimento da Amostra: 07/02/2018

LEITURA

Teor de Argila % (m/v): 51,00	
Teor de Matéria Orgânica (g/dm ³): 4,65	
pH em água: 6,00	
Índice SMP: 6,30	
Al ³⁺ + H (cmol(+)/dm ³): 3,09	
Al Trocável (cmol(+)/dm ³): 0,00	

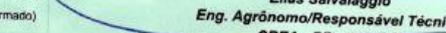
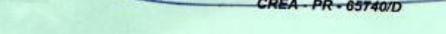
MACRONUTRIENTES

Cálcio (cmol(+)/dm ³): 8,15	
Magnésio - Mg (cmol(+)/dm ³): 4,09	
Potássio - K (cmol(+)/dm ³): 0,13	
Potássio - K (ppm): 50,00	
Fósforo - P (mg/dm ³): 3,90	
Enxofre - S (mg/dm ³): 7,90	

RELAÇÕES

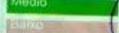
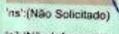
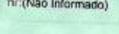
Cálcio/Magnésio: 1,99	
Cálcio/Potássio: 62,69	
Magnésio/Potássio: 31,46	
(%) Cálcio: 52,72	
(%) Magnésio: 26,46	
(%) Potássio: 0,84	
Soma de Bases Trocáveis - S: 12,37	
Capacidade de Troca de Cátions - T: 15,46	
Saturação de Bases - V (%): 80,01	
Saturação de Alumínio - Al (%): 0,00	
CTC Efetiva: 12,37	
CTC pH7: 15,46	

MICRONUTRIENTES

Cobre - Cu (mg/dm ³): 5,07	
Zinco - Zn (mg/dm ³): 1,63	
Boro - B (mg/dm ³): 0,20	
Ferro - Fe (mg/dm ³): 33,43	
Manganês - Mn (mg/dm ³): 216,23	

Observação: Sugestão de interpretação para classe textural 2.
 A presente análise tem valor restrito à amostra entregue no laboratório.

METODOLOGIAS	
MO - Tedesco et al... (1995)	pH - Água
SMP - pH	Ca, Mg, Al - KCL 1N
P, K - MEHLICH 1	S - Ca(H ₂ PO ₄) ₂
Cu, Zn, Fe, Mn - MEHLICH 1	B - Ba Cl ₂

LEGENDA	
	Alto
	Médio
	Baixo
	ns: (Não Solicitado)
	ni: (Não Informado)



Elias Salvalaggio
 Eng. Agrônomo/Responsável Técnico
 CREA - PR - 65740/D



Laboratório de Análises Agronômicas Maravilha Ltda.
 PR 493 Km 03, Linha Retta Grande - Pato Branco - PR
 Caixa Postal 28 - CEP:85.501-970 - Fone:(46)3225-7677
 E-mail - laboratoriomaravilha@hotmail.com

INFORMATIVO DE ANÁLISE DE SOLO

Informativo Número: 188459.

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: Marcos Fernandes Sebben
 Proprietário: Marcos Fernandes Sebben
 Endereço propriedade:
 Cidade: .-

CPF: 000.075.000-00

Data de Emissão: 14/02/2018

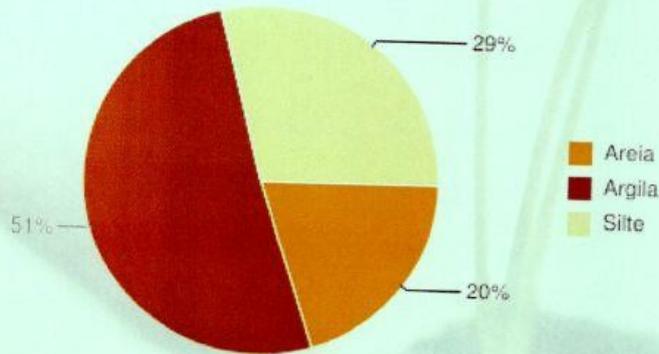
PROPRIEDADE DA AMOSTRA

Lote: 'ni'
 Gleba: 'ni'
 Matrícula: 'ni'
 Coordenadas: Latitude:'ni' Longitude:'ni'
 Data da Amostra: 07/02/2018

Profundidade: (cm): 'ni'
 Área: 4 ha
 Talhão: Amostra 2 Milton Marchioro
 Condições do Clima: 'ni'
 Recebimento da Amostra: 07/02/2018

GRANULOMETRIA - ANÁLISE FÍSICA

Argila (%): 51,00
 Silte (%): 29,00
 Areia (%): 20,00



TIPO DE SOLO

Solo do Tipo : 3

A presente análise tem valor restrito à amostra entregue no laboratório.

METODOLOGIAS

TEDESCO et al... (1995).

O tipo de solo está de acordo com o zoneamento agrícola, do Ministério da Agricultura. (Especificado na normativa nr. 10, de 14 de Junho de 2005, publicada DOU de 16 de junho de 2005, seção 1, pag. 12, alterada para instrução normativa nr. 12, através da retificação do DOU de 17 de Junho de 2005, seção 1, pág. 6).

LEGENDA

'ns':(Não Solicitado)
 'ni':(Não Informado)



Elias Salvaleggio
 Eng. Agrônomo/Responsável Técnico
 CREA - PR - 65740/D