

VALORIZAÇÃO AGRONÔMICA E ENERGÉTICA DE RESÍDUOS DA CRIAÇÃO DE LARVAS DE BLACK SOLDIER FLY

MONICA SAROLLI S. DE M. COSTA¹, OSCAR A. SCHAFFER BERTO², BRUNA HINTERHOLZ³, EDUARDO L. BULIGON⁴, JESSICA C. DE LIMA⁵, RITIELI MAROSTICA⁶

¹ Eng. Agrícola, Prof. Adjunta dos Cursos de Graduação e Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PGEAGRI, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE – Campus de Cascavel - PR, monicasarollisilva@gmail.com.

² Eng. Ambiental, Cascavel - PR.

³ Eng. Ambiental, Doutoranda, PGEAGRI, UNIOESTE, Cascavel – PR.

⁴ Eng. Agrícola, Doutorando, PGEAGRI, UNIOESTE, Cascavel - PR.

⁵ Eng. Agrônoma, Mestranda, PGEAGRI, UNIOESTE, Cascavel - PR.

⁶ Eng. Agrícola, Mestranda, PGEAGRI, UNIOESTE, Cascavel - PR.

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: Recentemente, há um número crescente de esforços na agricultura para produzir ingredientes alimentares alternativos com base na biomassa de insetos. As larvas da mosca Black Soldier (BSFL), *Hermetia illucens*, têm sido utilizadas como alternativa na alimentação animal, bem como o resíduo gerado (frass) apresenta potencial como fertilizante para a agricultura e substrato para geração de energia. Objetivou-se avaliar o potencial de geração de energia por meio da digestão anaeróbia (DA) e de recuperação de nutrientes por meio da compostagem do frass proveniente da criação de larvas de moscas Black Soldier. Os compostos gerados foram avaliados como fonte de nutrientes para a cultura da alface. Os resultados do ensaio de potencial bioquímico de metano revelaram uma produção de 256 L de metano por kg de sólidos voláteis adicionados. O composto orgânico gerado pela compostagem de frass apresentou maior concentração de nutrientes quando comparado aos compostos gerados pela sua co-compostagem com bagaço de cana de açúcar ou poda de árvores urbanas (51,5 g kg⁻¹ de N; 8,42 g kg⁻¹ de P; 8,23 g kg⁻¹ de K), denotando seu potencial uso como adubo orgânico. Quando utilizado como fonte de nutrientes, o composto do frass proporcionou aumento de 44% na massa fresca de alface quando comparado à adubação mineral recomendada. Conclui-se que o resíduo gerado na criação de larvas da mosca Black Soldier, o frass, é passível de aproveitamento na geração de energia e adubo orgânico.

PALAVRAS-CHAVE: compostagem, potencial bioquímico de metano, composto orgânico

AGRONOMIC AND ENERGETIC RECOVERY OF FRASS DERIVED FROM BLACK SOLDIER FLY LARVAE

ABSTRACT: Recently, there are a growing number of efforts in agriculture to produce alternative food ingredients based on insect biomass. Black Soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, have been used to convert organic waste into high-quality nutrients for animal feed, and the waste generated (frass) has potential as a fertilizer for agriculture and substrate for energy generation. The objective was to evaluate the potential for energy generation through anaerobic digestion (AD) and nutrient recovery through composting frass. The generated composts were evaluated as a source of nutrients for the lettuce crop. The results of the methane biochemical potential test revealed a production of 256 L of methane per kg of added volatile solids. The organic compost generated by composting frass showed a higher concentration of nutrients when compared to the compost generated by its co-composting

with sugarcane bagasse or urban tree pruning (51.5 g kg⁻¹ of N; 8.42 g kg⁻¹ de P; 8.23 g kg⁻¹ de K), denoting its potential use as an organic fertilizer. When used as a source of nutrients, the compost from frass provided a 44% increase in the fresh mass of lettuce when compared to the recommended mineral fertilization. It is concluded that the residue generated in the rearing of Black Soldier fly larvae, the frass, can be used in the generation of energy and organic fertilizer.

KEYWORDS: composting, biochemical methane potential, organic compost

INTRODUÇÃO: O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de carne de frango, atingindo 14,329 milhões de toneladas em 2021 (ABPA, 2022), sendo a soja, o principal componente da ração de frangos de corte. Com o preço dos insumos, principalmente fertilizantes, o custo de produção da soja tem aumentado. Segundo dados da OCEPAR (2022) o custo de produção de um hectare de soja está em R\$ 7.152,58, dos quais R\$ 1.305,60 são referentes aos fertilizantes, ou seja, 18,25%. Além da expressiva destinação de recursos para aquisição dos fertilizantes, tem-se o agravante da dependência brasileira, 85% são importados. Neste sentido, estratégias visando a substituição da soja na composição da dieta dos frangos de corte têm sido desenvolvidas. Uma delas diz respeito à criação de insetos visando a produção de alimento animal, em particular, a larva da mosca Black Soldier, *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae). As larvas da mosca Black Soldier (BSFL) aparecem como a principal fonte de proteína de insetos sendo são usadas em todo o mundo em larga escala na indústria de rações (Barragan-Fonseca et al., 2017). Dadas suas características, a criação é relativamente rápida podendo ser utilizado como substrato outros resíduos orgânicos. Após a colheita das larvas, o resíduo produzido, suas fezes, recebem a denominação de frass, que pode ser utilizado como substrato para produção de energia (Lalander et al., 2018; Papa et al., 2022; Wedwitschka et al., 2023) ou adubo orgânico (Jenkins et al., 2023), após ser estabilizado por meio do processo de compostagem (Wu et al., 2023). Objetivou-se avaliar o potencial bioquímico de metano e a recuperação de nutrientes por meio do processo de compostagem e posterior cultivo de alface do frass produzido pela criação de larvas de moscas Black Soldier.

MATERIAL E MÉTODOS: Os ensaios do potencial bioquímico de metano, compostagem e cultivo de alface foram realizados no Laboratório de Análise de Resíduos Agroindustriais – LARA da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE – Campus de Cascavel – PR. O ensaio para determinação do potencial bioquímico de metano foi realizado de acordo com a norma alemã VDI-4630. Foram utilizados frascos para reagente (tipo Durhan), âmbar, com capacidade para 1000 mL, modificados para possibilitar condições anaeróbias durante o ensaio e a leitura do biogás. O ensaio foi composto por 22 reatores (frascos Durhan), sendo: apenas o inóculo (3); inóculo + celulose microcristalina (Controle) (3); Amostra 1: apenas frass (4); Amostra 2: frass + caldo de cana (1%) (4); Amostra 3: frass + caldo de cana (2%) (4); Amostra 4: frass + caldo de cana (3%) (4). Os frascos foram acondicionados em câmara de germinação (BOD) à temperatura de 37°C. A produção de biogás foi monitorada por meio da retirada do gás produzido com o auxílio de seringa de vidro e manômetro. O ensaio teve duração de 888 horas (37 dias). A composição do biogás (H₂, CH₄ e CO₂) foi realizada em cromatógrafo de gás (modelo CG-2014, Shimadzu). A estabilidade foi determinada por titulometria (Ripley, Boyle e Converse, 1986) no início e ao final do processo, a partir das determinações de acidez volátil (AV), alcalinidade total (AT) e relação AV/AT. O ensaio de compostagem foi conduzido em ambiente protegido com cobertura plástica e piso de cimento. Foram instaladas três leiras, de acordo com a descrição: Leira 1. Apenas frass (C:N=16); Leira 2. Frass + poda de árvores urbanas (C:N=22); Leira 3. Frass + bagaço de cana de açúcar triturado (C:N=22). Após a montagem das leiras, seguiu-se o monitoramento diário da

temperatura em 5 pontos da leira, bem como o revolvimento, realizado duas vezes por semana, com auxílio de pá e enxada. Com valores diários de temperatura foi possível verificar a duração da fase termofílica e temperatura máxima atingida para cada leira. A acumulação exotérmica, foi calculada com base na soma quadrática da diferença diária entre a temperatura média da leira e a temperatura ambiente durante todo o processo de estabilização ($EXI^2 = (T_{leira} - T_{amb})^2$). Os pesos inicial e final da leira foram obtidos com auxílio de balança eletrônica permitindo calcular a redução de massa durante o processo. Além da redução de peso, também foram determinados os teores de nitrogênio total, fósforo e potássio seguindo-se metodologia proposta por (Malavolta et al., 1997). Após a finalização do processo de compostagem, os compostos produzidos foram utilizados em ensaio para avaliar seu efeito fertilizante na cultura da alface. Mudanças de alface foram transferidas para vasos de plástico contendo quantidade conhecida de solo para avaliação do uso dos compostos (frass, frass + poda de árvores, frass + bagaço de cana) como adubo orgânico (fertilizante) (Figura 1), comparados à adubação mineral recomendada para a cultura (70 kg de N, 70 kg P_2O_5 e 50 kg de K_2O) de acordo com o Manual de Adubação e Calagem para o estado do Paraná (SBCS-NEPAR, 2017). As doses dos compostos orgânicos foram calculadas com base no nutriente Potássio, que se encontrava em menor concentração nos três materiais, ocasionando excesso de N e P. O ensaio teve duração de 33 dias. Também foi utilizado um tratamento misto, constituído por composto de frass (para suprir a necessidade de N) e adubo mineral para complementar a necessidade de P (Superfosfato simples) e K (Cloreto de potássio).



Figura 1. Detalhe do ensaio para avaliação do efeito fertilizante dos compostos orgânicos

Os resultados dos potenciais de produção de biogás e metano do ensaio de BMP, bem como a produção de massa fresca de alface foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Ensaio de potencial de produção de metano

As produções específicas de biogás e metano podem ser visualizadas na Tabela 1.

Observa-se pelos resultados apresentados na Tabela 1 que não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos avaliados para as produções específicas de biogás (tanto para ST como para SV). Diferenças estatísticas significativas foram encontradas na produção específica de metano (tanto para ST como para SV), a favor da amostra em que se utilizou apenas frass quando comparada ao tratamento em que se adicionou a maior quantidade de

caldo de cana (3%). A diferença estatística a favor do frass ($p < 0.05$) também está relacionada à maior concentração de metano no biogás (56%). Assim, conclui-se que a adição de caldo de cana de açúcar em codigestão anaeróbia com o frass não se mostrou viável.

TABELA 1. Produções específicas médias de biogás e metano nos tratamentos avaliados

| TRATAMENTOS | Produção Biogás (L _N kg ⁻¹) | | Produção Metano (L _N kg ⁻¹) | | Concentração Metano no Biogás |
|----------------|---|-------|---|-------------------|----------------------------------|
| | ST | SV | ST | SV | % |
| FRASS | 388 | 457 | 217 ^A | 256 ^A | 56 ^A |
| FRASS + 1% CC* | 349 | 407 | 164 ^{AB} | 191 ^{AB} | 47 ^B |
| FRASS + 2% CC* | 275 | 318 | 140 ^{AB} | 162 ^{AB} | 51 ^B |
| FRASS + 3% CC* | 216 | 250 | 110 ^B | 127 ^B | 51 ^B |
| CV (%) | 30,34 | 30,32 | 30,80 | 30,79 | 6,56 |

Letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% pelo Teste de Tuckey.

A produção específica de metano obtida pela DA apenas do frass pode ser comparada a outros trabalhos em que o teste do BMP segundo a VDI foi utilizado. Dessa forma, Wedwitschka et al. (2023) avaliaram cinco amostras de frass obtidas de testes anteriores de criação de *Hermetia* em escala de laboratório, em que as larvas foram alimentadas com cinco substratos diferentes: silagem de milho, resíduos de cervejaria, resíduos de destilaria, plantas aquáticas do gênero *Elodea* e farelo. Os resultados de BMP mostraram que os valores de rendimento específico de metano das diferentes amostras de frass variaram de 201 ± 9 a 287 ± 37 mL/g SV, valores estes semelhantes aos de outros excrementos de animais, como esterco de vaca ou suínos já utilizados como matéria-prima em usinas de biogás agrícola, comentam os autores. Os valores de rendimento de metano por kg de SV obtidos neste ensaio, portanto, encontram-se dentro da faixa encontrada pelos autores mencionados, ou seja, 256 L/kg SV. Apesar disso, a adição do caldo de cana supostamente causaria aumento da produção de biogás e metano. Na Tabela 2 encontram-se os dados sobre a estabilidade do processo. A estabilidade no processo de DA é avaliada pelos parâmetros pH, alcalinidade total, acidez volátil, relação AV/AT, alcalinidade intermediária, alcalinidade parcial e relação AI/AP.

Tabela 2. Concentrações médias de AT, AV, relação AV/AT, relação AI/AP e pH

| TRATAMENTOS | Alcalinidade total (mg CaCO ₃ L ⁻¹) | | Acidez volátil (mg L ⁻¹) | | Relação AV/AT | | Relação AI/AP | | pH | |
|---------------|---|-------|---|-----|---------------|------|---------------|------|-----|-----|
| | I | F | I | F | I | F | I | F | I | F |
| FRASS | 8500 | 10960 | 612 | 538 | 0,07 | 0,05 | 0,22 | 0,16 | 8,9 | 8,4 |
| FRASS + 1% CC | 7800 | 9090 | 420 | 490 | 0,05 | 0,05 | 0,19 | 0,16 | 9,0 | 8,6 |
| FRASS + 2% CC | 7500 | 9320 | 540 | 526 | 0,07 | 0,06 | 0,17 | 0,14 | 8,9 | 8,7 |
| FRASS + 3% CC | 8100 | 9140 | 636 | 545 | 0,08 | 0,06 | 0,26 | 0,17 | 8,9 | 8,6 |

Quando os valores destes parâmetros excedem os limites adequados, pode ocorrer instabilidade na DA e consequente inibição do processo (Zhou et al., 2013). Observa-se que os valores de pH são alcalinos o que favorece o tamponamento do meio reacional. Os valores

da AT também são altos e o seu aumento ocorre devido à degradação de proteínas e aminoácidos, o que acarreta a liberação de amônia (NH₃), que reage com dióxido de carbono e água, produzindo alcalinidade por meio do carbonato de amônio (Khanal, 2008). Tanto a relação AV/AT como AI/AP mostram que o sistema não estava em colapso por excesso de ácidos orgânicos que poderiam ter sido liberados durante a degradação do carbono lábil proveniente do caldo de cana. Por outro lado, a fermentação de materiais ricos em ureia e proteínas libera amônia. Em função do pH e temperatura do meio reacional, pode-se ter uma geração elevada de amônia livre (De Prá et al., 2013). A amônia livre é tóxica às arqueas metanogênicas, pois facilmente se difunde através da membrana celular dos microrganismos. Já o Nitrogênio amoniacal em concentrações superiores a 2.000 mg L⁻¹ pode causar efeito inibitório e, consequentemente, causar instabilidade e até mesmo falha no processo (Liu; Sung, 2002). Na Tabela 3 são apresentados os valores de nitrogênio amoniacal e amônia livre.

Tabela 3. Valores médios de nitrogênio amoniacal e amônia livre no início e ao final do processo

| TRATAMENTOS | Nitrogênio Amoniacal (N-NH ₄ ⁺)(mg.L ⁻¹) | | Amônia Livre (mg L ⁻¹) | |
|----------------------|--|--------|---------------------------------------|-------|
| | I | F | I | F |
| FRASS | 610,4 | 2821,8 | 376,5 | 868,4 |
| FRASS + 1% CC | 425,9 | 2439,4 | 276,2 | 982,9 |
| FRASS + 2% CC | 429,8 | 2207,8 | 259,0 | 955,4 |
| FRASS + 3% CC | 487,5 | 2357,5 | 300,7 | 983,8 |

Ensaio de compostagem

O ensaio de compostagem teve duração de dois meses. O monitoramento da temperatura demonstrou que as leiras desenvolveram o perfil térmico esperado, contendo as fases mesofílica e termofílica durante o processo (Figura 2). Observa-se que a fase termofílica apresentou duração 47 dias na Leira frass, 41 dias na Leira F+P e 21 dias na Leira F+B. A manutenção de temperaturas maiores que 40°C garante a sanitização do material. Wu et al. (2023) observaram que a temperatura do composto aumentou rapidamente de 28,3 °C para 55,7 °C nos primeiros 8 dias, e a fase termofílica seguinte (>50 °C) durou cerca de 8 dias.

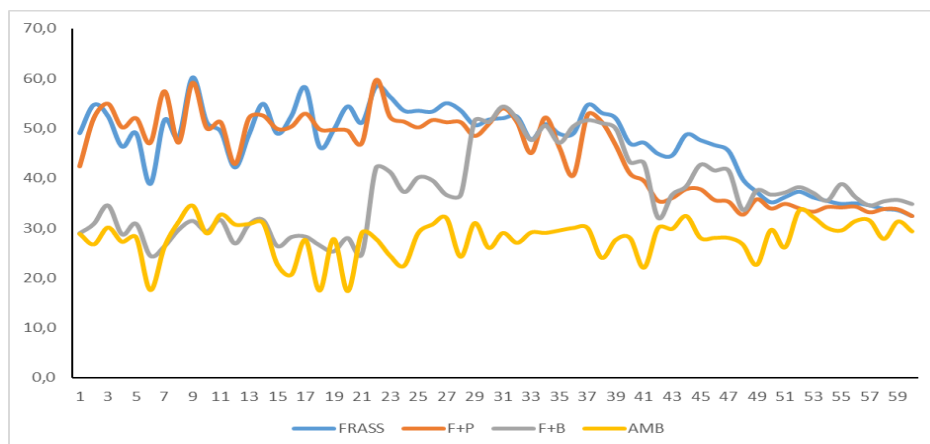


Figura 2. Perfil térmico das leiras em comparação com a temperatura ambiente durante o período experimental.

O maior índice exotérmico foi observado na Leira frass (26957), seguido da Leira frass + poda (23148) e por fim, a leira frass + bagaço (9136). Como reflexo da atividade microbiana, observada pelo perfil térmico, observou-se redução de massa em todas as leiras, sendo 61,3% para a leira apenas com frass, 50,1% para a leira em que se compostou frass + poda de árvores e 63,1% para a leira com frass + bagaço de cana. A relação C:N de todas as leiras também diminuiu para 9 no composto de frass, 16 para frass + poda de árvores e 14 para frass + bagaço de cana.

A composição química (macronutrientes) determinada em cada composto orgânico obtido pode ser observada na Tabela 4.

TABELA 4. Composição média de macronutrientes (%), pH e condutividade elétrica (CE) (mS cm^{-1}) nos compostos orgânicos obtidos seguidos dos valores de desvio padrão ($n=3$)

| COMPOSTO | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | pH | CE |
|-------------------------|-----------|-------------------------------|------------------|----------|----------|
| Frass | 5,15±0,53 | 3,85±1,67 | 1,23±0,76 | 6,7±0,01 | 4,8±0,30 |
| Frass + Poda de árvores | 4,42±0,24 | 1,72±0,73 | 1,05±0,19 | 5,1±0,02 | 3,2±0,46 |
| Frass + Bagaço de cana | 3,09±0,28 | 1,43±0,11 | 1,23±0,20 | 4,8±0,01 | 3,5±0,37 |

Observa-se que a compostagem em que apenas o frass foi compostado, apresentou uma concentração maior de nutrientes quando comprada com os compostos produzidos em co-compostagem com os agentes estruturantes. Essa característica pode revelar que o composto produzido apenas com frass pode ser utilizado como adubo orgânico, mas sua performance como substrato para produção de mudas é incompatível. Por outro lado, os outros dois compostos orgânicos apresentam características favoráveis ao uso como substrato.

Ensaio efeito fertilizante dos compostos na cultura da alface

Os resultados da produção de alface (matéria fresca) são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Valores médios, seguidos do desvio padrão, da massa fresca de alface (gramas), em função de diferentes fontes de nutrientes.

| TRATAMENTO | Massa Fresca Alface (g) |
|----------------|-------------------------|
| T ₁ | 17,4 ^{AB} ±6,1 |
| T ₂ | 13,9 ^{BC} ±1,1 |
| T ₃ | 8,6 ^C ±1,6 |
| T ₄ | 6,3 ^C ±0,9 |
| T ₅ | 25,2 ^A ±6,6 |
| CV | 16,36 |

T₁ – adubação mineral; T₂ – adubação mineral + composto de frass; T₃ – composto de frass + poda de árvores; T₄ – composto de frass + bagaço de cana triturado; T₅ – composto de frass

Observa-se pelos resultados apresentados na Tabela 5 que o composto proveniente da compostagem de frass, apresenta valor agrônomo como adubo orgânico, uma vez que a produção de alface neste tratamento (T₅) revelou-se estatisticamente igual ao uso de adubação mineral. Os outros dois compostos contendo frass + poda de árvores (T₃) e frass + bagaço de cana (T₄) apresentaram as menores produtividades, evidenciando seu potencial como substrato para produção de mudas e não como adubo orgânico. Menino et al. (2021) avaliaram o efeito fertilizante do frass no azevém. Os autores observaram aumento da produtividade do azevém em função da taxa de aplicação. A importância destes resultados,

concluem os autores, justifica a necessidade de mais experimentos, utilizando frass de diferentes origens (diferentes composições), em diferentes condições edafoclimáticas, com diferentes cultivos, e testando diversas doses de frass, a fim de aconselhar seu uso como adubo orgânico com precisão em cada caso. A combinação de frass com fertilizantes nitrogenados também parece promissora.

CONCLUSÕES: o aproveitamento do resíduo gerado durante a criação de larvas de moscas Black Soldier como substrato para produção de energia ou adubo orgânico é possível e pode contribuir para a viabilidade econômica do processo. O processo de compostagem estabiliza o frass com ou sem a adição de agentes estruturantes, porém o composto de frass é mais indicado como adubo orgânico.

AGRADECIMENTOS: À CAPES e ao CNPq pela concessão das bolsas; ao PGEAGRI, ao LARA da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), à Empresa Buzz Fly P&D em alimentação animal S.A. pelo apoio para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS:

Barragan-Fonseca, K.B., Dicke, M., Van Loon, J.J.A. (2017). Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed - a review. *J. Insects Food Feed* 3, 105–120. doi:10.3920/JIFF2016.0055.

De Prá, M.C.; Kunz, A.; Bortoli, M.; Perondi, T.; Chini, A. (2013). Simultaneous removal of TOC and TSS in swine wastewater using the partial nitrification process. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 88 (9), 1769-1769.

Jenkins, S.N.; Middleton, J.A.; Huang, Z.; Mickan, B.S.; Andersen, M.O.; Wheat, L.; Waite, I.S.; Abbott, L.K. (2023). Combining frass and fatty acid co-products derived from Black soldier fly larvae farming shows potential as a slow release fertiliser. *Science of the Total Environment* 899, 165371.

Khanal, S. K. (2008). *Anaerobic Biotechnology for Bioenergy Production: Principles and Applications*. John Wiley & Sons, Inc.

Lalander, C., Nordberg, Å. & Vinnerås, B. (2018). A comparison in product-value potential in four treatment strategies for food waste and faeces – assessing composting, fly larvae composting and anaerobic digestion. *GCB Bioenergy*, 10: 84-91. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12470>

Liu, T.; Sung, S. (2002). Ammonia inhibition on thermophilic aceticlastic methanogens. *Water Sci. Technol.* 45, 113–120.

Malavolta, E., Vitti, G. C., Oliveira, S. A. (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Potassa e do Fósforo, 319 p.

Menino, R.; Felizes, F.; Castelo-Branco, M.A.; Fareleira, P.; Moreira, O.; Nunes, R.; Murta, D. (2021). Agricultural value of Black Soldier Fly larvae frass as organic fertilizer on ryegrass. *Heliyon* 7, e05855.

Ocepar (2022). Custo de produção safra 21/22, Informe Agronomico N°2. Disponível em: https://paranacooperativo.coop.br/ppc/attachments/article/140140/IA_n_02_Custo_de_Producao_FEV_2022.pdf. Acesso em 11 de junho de 2023.

Papa, G.; Scaglia, B.; D'Imporzano, G.; Savoldelli, S.; Jucker, C.; Colombini, S.; Toschi, I.; Adani, F. Valorizing the organic fraction of municipal solid waste by producing black soldier fly larvae and biomethane in a biorefinery approach. *Journal of Cleaner Production* 379, 134422.

Ripley, L. E.; Boyle, W. C.; Converse, J. C. (1986). Improved Alkalimetric Monitoring for Anaerobic Digester of High-Strength Waste. *Journal Water Pollution Control Federation* 58 (5), 406-411.

SBCS/NEPAR - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo- Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná. Curitiba, 2017

Wedwitschka, H.; Ibanez, D.G.; Jáquez, D.R. (2023). Biogas production from residues of industrial insect protein production from Black Soldier Fly Larvae *Hermetia illucens* (L.): An evaluation of different insect frass samples. *Processes* 11(2), 362.

Wu, N.; Yu, X.; Liang, J.; Mao, Z.; Ma, Y.; Wang, Z.; Wang, X.; Liu, X.; Xu, X. (2023). A full recycling chain of food waste with straw addition mediated by black soldier fly larvae: Focus on fresh frass quality, secondary composting, and its fertilizing effect on maize. *Science of the Total Environment* 885, 163386.

Zhou, Y.; Takaoka, M.; Wang, W.; Liu, X.; Oshita, K. (2013). Effect of thermal hydrolysis pre-treatment on anaerobic digestion of municipal biowaste: a pilot scale study in China. *Journal of bioscience and bioengineering*, v. 116, n. 1, p. 101-105, 2013.