Bioinsumos no tratamento de sementes de milho para mitigação do estresse hídrico durante a germinação

Carlos Augusto Freitas Borges de Araújo[1], José Rubens Vieira Rodrigues[2], Nathália de Souza Paulino[2], Ricardo de Castro Dias[3], Mayara Cristina Lopes[3], June Faria Scherrer Menezes[3], Givanildo Zildo da Silva[4]

[1]PIBIC/CNPq, graduando do curso de Agronomia, Universidade de Rio Verde, carlos.a.f.b.araujo@academico.unirv.edu.br.
[2]Mestrandos no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade de Rio Verde, joserubens@outlook.com, nathalia.paulino@academico.unirv.edu.br
[3]Docentes Doutores da Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde, ricardodias@unirv.edu.br, mayara@unirv.edu.br, june@unirv.edu.br
[4]Orientador, Docente Doutor da Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde, givanildo@unirv.edu.br.

.

Reitor:
Prof. Dr. Alberto Barella Netto

Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação:
Prof. Dr. Carlos César E. de Menezes

Editor Geral:
Prof. Dra. Andrea Sayuri Silveira Dias Terada

Editores de Seção:
Profa. Dra. Ana Paula Fontana
Prof. Dr. Hidelberto Matos Silva
Prof. Dr. Fábio Henrique Baia
Pra. Dra. Muriel Amaral Jacob
Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza
Prof. Dr. Warley Augusto Pereira

Fomento:
Programa PIBIC/PIVIC UniRV/CNPq 2023-2024

A germinação e o desenvolvimento das plântulas são, além do florescimento, os períodos de maior susceptibilidade ao estresse hídrico para a cultura do milho. Diante da importância do milho na região Centro-Oeste e os cenários de mudanças climáticas, objetivou-se com este trabalho avaliar bioinsumos no tratamento de sementes e estresse hídrico na germinação de milho. O experimento foi conduzido na Universidade de Rio Verde. Sendo em blocos casualizados, com e sem aplicação de três bioinsumos comerciais e cinco níveis de água no substrato, com cinco repetições. Serão adotadas as capacidade de retenção de 5, 15, 30, 60 e 120%. Foram avaliados: germinação, plântulas anormais, sementes mortas, primeira contagem de germinação, comprimento e massa seca da raiz principal e parte aérea de plântulas. Os dados foram submetidos Anova, quando significativos tratamentos comparados pelo teste F e as CR por regressão. A aplicação de bioinsumos à base de *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus circulans* e *Bacillus haynesii*, juntamente com nutrientes via sementes, não interfere na germinação do milho híbrido AG 8065. A utilização do extrato de alga *Ascophyllum nodosum* e de nutrientes deve ser investigada com maior profundidade, considerando-se a composição química específica de cada híbrido. Os bioinsumos apresentam grande potencial para o cultivo de milho. No entanto, são necessários mais estudos que abordem a formação de plântulas, o estabelecimento da cultura e o impacto na produção final.

Palavras-Chave: Mudanças climáticas. Tratamento de sementes. *Zea mays*.

Bioinputs in corn seed treatment to mitigate water stress during germination

Abstract: *Germination and seedling development are, in addition to flowering, the periods of greatest susceptibility to water stress for corn crops. Given the importance of corn in the Central-West region and climate change scenarios, the objective of this study was to evaluate bioinputs in seed treatment and water stress on germination and formation of corn seedlings. The experiment was conducted at the University of Rio Verde. It was conducted in randomized blocks, with and without application of three commercial bioinputs and five levels of water in the substrate, with five replicates. Retention capacities of 5, 15, 30, 60 and 120% were adopted. The following were evaluated: germination, abnormal seedlings, dead seeds, first germination count, length and dry mass of the main root and shoot of seedlings. The data were submitted to ANOVA, when significantly TS compared by Tukey's test and CR by regression. The application of bioinputs based on Bacillus aryabhattai, Bacillus circulans and Bacillus haynesii, together with nutrients via seeds, does not interfere with the germination of hybrid corn AG 8065. The use of Ascophyllum nodosum seaweed extract and nutrients should be investigated in greater depth, considering the specific chemical composition of each hybrid. Bioinputs have great potential for corn cultivation. However, further studies are needed to address seedling formation, crop establishment and the impact on final production.*

Keywords: *Climate change. Seed treatment. Zea mays .*

Introdução

O milho (*Zea mays*) é considerada uma importante cultura mundial, exposta a diversas situações ambientais, com diferentes climas e manejos. Considerado um dos maiores cereais exportados no Brasil com área de cultivo de 20.618, 3 mil ha^{-1}, com produtividade de 5.414 Kg ha^{-1} e produção de 111.635,9 t. No qual a região Centro-Oeste possui uma produção total de 62.725 t, sendo 9.826,8 t do Estado de Goiás (CONAB, 2024).

Teixeira et al. (2019) e Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2023) corroboram que as mudanças climáticas, inclusive a seca, torna-se um problema frequente para produção de milho, afetando a germinação e estabelecimento de plântulas em campo, até mesmo crescimento. Para uma máxima qualidade fisiológica, é preciso uma quantidade favorável de água para o desenvolvimento dos processos metabólicos e biológicos, esses influenciados pelo estresse hídrico, refletidos na expressão do potencial genético da planta (Amaro et al., 2023).

Com o objetivo de diminuir a utilização de agroquímicos nas áreas de produção, surgem os insumos biológicos ou bioinsumos, os quais são conceituados conforme o Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020, do Governo Federal (MAPA, 2020). Essa opção vem ganhando destaque como ferramenta para mitigação de estresses abióticos na agricultura. Tal estratégia consiste no uso de microrganismos, dentre outros, que interagem com as plantas lhes proporcionando maior resistência a condições climáticas adversas (Caires et al., 2021). Tais soluções podem impactar positivamente na produção sustentável, reduzindo os impactos ambientais da atividade (Pereira et al., 2020). Essa prática agrícola é apoiada e incentivada pelo governo brasileiro com Programa Nacional de Bioinsumos, promovendo um conjunto de inovações - práticas e processos - capazes de oferecer alternativas ao uso continuado de insumos que por vezes tem custo e riscos elevados ao meio ambiente e à saúde animal e humana (Vidal et al., 2021).

Diante da importância do milho na região Centro-Oeste e os cenários de mudanças climáticas, objetivou-se com este trabalho avaliar bioinsumos no tratamento de sementes e estresse hídrico na germinação de milho.

Material e Métodos

O experimento foi instalado e conduzido no laboratório de sementes e em ambiente protegido (25 °C) da Universidade de Rio Verde localizado no município de Rio Verde – GO.

Antes da avaliação do estresse abiótico os lotes dois lotes de milho, forma caracterizados quanto à massa de mil sementes, teor de água e a germinação (BRASIL, 2009). Concomitante com a

germinação será contabilizado as porcentagem de plântulas anormais, e sementes mortas, seguindo o descrito na Regras para Análise de Sementes - RAS.

Os experimento foram conduzidos em blocos casualizados, com aplicação de bioinsumo e sem, com cinco níveis de estresse hídrico, em esquema fatorial 2 x 5, com cinco repetições, para cada bioinsumo. Sendo Controle sementes sem tratamento. E os produtos comerciais B1 - *Bacillus aryabhattai* linhagem CBMAI 1120 com concentração de $2{,}1\times10^{12}$ endósporos viáveis por L, *Bacillus circulans* linhagem CCT 0026 e concentração de $3{,}0\times10^{11}$ endósporos viáveis L^{-1} e *Bacillus haynesii* linhagem CCT 7926 de concentração $8{,}8\times10^{11}$ endósporos viáveis L^{-1}; B2 - composto por extrato de alga *Ascophyllum nodosum*, fosforo (10,2 de P_2O_5 g L^{-1}) e molibdênio (Mo 10,2 g L^{-1}); e B3 - Fertilizante mineral constituído de nitrogênio (N 65,1 g L^{-1}), cobre (Cu 304 g L^{-1}), molibdênio (Mo 84,0 g L^{-1}) e zinco (Zn 619 g L^{-1}). Salienta-se que os tratamentos das sementes seguiram metodologia Machado et al. (2023).

No estresse hídrico serão adotadas as capacidade de retenção de 5, 15, 30, 60 e 120%, referindo-se à capacidade de 60% com a ideal (BRASIL, 2009). Inicialmente será organizado as caixas acrílicas transparentes (11,0 x 11,0 x 3,5 cm) semeadas as duas cultivares em substrato entre areia com a capacidade de retenção determinada de acordo com RAS (BRASIL, 2009) e com posse destes valores serão umedecidas e pesadas para manutenção e acompanhamento diário dos pesos, estas serão dispostas em ambiente protegido. Ao final e durante a condução do estresse abióticos serão avaliados:

- Germinação – contabilizado ao sétimo dia após a semeadura as plântulas normais, que constavam todas as estruturas essenciais (BRASIL, 2009).
- Índice de velocidade de germinação– os dados obtidos por intermédio de contagens diárias foram submetidos a fórmula proposta por Maguire (1968).

No procedimento estatístico, inicialmente os dados foram testados quanto à normalidade e homogeneidade de Shapiro-Wilk. Se necessário haverá transformações para atender esses pressupostos.

Foi aplicada a Anova, em significância foi aplicado a estatística univariada para identificar os parâmetros de qualidade fisiológica, nos quais o fator bioinsumo foi diferenciado pelo teste F. Já os fatores quantitativo, níveis de água no substrato, quando verificada diferença significativa, foram submetidos à análise de regressão.

Resultados e Discussão

Na caracterização inicial verificou-se germinação do lote de sementes do híbrido de milho do AG8065 foi de 94% e a massa de mil sementes foi de 293,69 g. A germinação ficou acima do limite que é 85% no padrão para comercialização (BRASIL, 2013).

Quando avaliou-se a germinação e índice de velocidade de germinação não observou-se interação entre a aplicação dos bioinsumos via sementes e as capacidades de retenção de água no substrato. Todavia o fator isolado capacidade de retenção foi significativo nos três experimentos avaliados. Enquanto que apenas para o bioinsumos (*Ascophyllum nodosum*, fosforo e molibdênio) proporcionou efeito na germinação. Para a aplicação do produto *Ascophyllum nodosum*, fosforo e molibdênio (B2) verificou-se maior germinação sem tratar as sementes com produto (59%), salienta-se que esse valor corresponde à média de todas capacidades, por isso valor abaixo de 85%, recomendado para lotes de milho (BRASIL, 2013).

Essa diferenciação na germinação também foi observada para sementes de milho tratadas (MG744 PWU), verificou-se que comprometeu o desenvolvimento do milho (Carvalho et al., 2023). Os autores afirmam que as concentrações de N, Mn e Zn estavam acima da faixa considerada adequada para sementes de milho. Portanto, o uso desses produtos levou ao excesso, comprometendo o desenvolvimento.

A máxima germinação e velocidade de germinação foram obtidas próximos a capacidade de retenção de 60%, condizentes com as Regras para Análises de Sementes – RAS (BRASIL, 2009) que indicam essa capacidade para umedecimento do substrato areia em teste padrão de germinação. Salienta-se também que esse valor foi superior a 80%, mínimo para comercialização nas capacidades de 15 a 60% de retenção (Figura 1A e B).

A não interferência dos *Baccillus* na germinação pode está com enfoque em resposta no desenvolvimento vegetativo, ou seja crescimento da planta. Como constatado em isolados dessas microrganismos com a máxima produção de enzima promotora de crescimento vegetal (fosfatase) e hormônio de crescimento vegetal (ácido indolacético) mostram resultados promissores em crescimento de plantas (Mishra et al., 2023).

Passos et al. (2023) relatam o uso de bioinusmos na inoculação , destacam-se alguns gêneros de bactérias promotoras de crescimento de plantas que atuam na fixação biológica de nitrogênio e na produção de hormônios, entre elas, incluem-se: *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus haynesii* e *Bacillus circulans*. Esses microrganismos benéficos para aumentar a produtividade de diversas culturas, até desempenham o papel de reduzir a necessidade de adubação de cobertura, mantendo altos níveis de produção, como foi verificado para produção de tomate por estes autores. Logo a aplicação em semente deve ir muito além da germinação, necessitando de mais estudos, fato também corroborado em trabalho de trigo (Solanha et al., 2023).

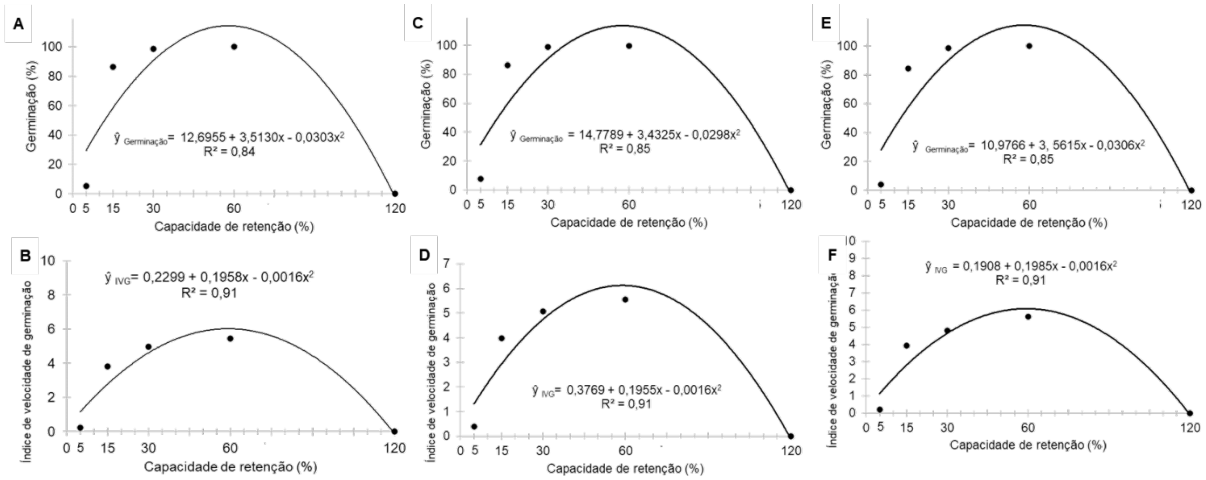

Figura 1 – Germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de milho AG8065 em cinco capacidades de retenção de água no substrato areia, independentemente da aplicação *Bacillus aryabhattai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii* (A e B), *Ascophyllum nodosum*, fosforo e molibdênio (B e C) e Nitrogênio + Cobre + Molibdênio e Zinco (D e E) Rio Verde - GO, 2024.

Na avaliação da germinação (Figura 1C) e índice de velocidade de germinação (Figura 1D) das sementes tratadas ou não com aplicação de extrato de alga *Ascophyllum nodosum*, fosforo e molibdênio verificou-se o mesmo comportamento dos produtos anteriores.

Verificou-se também que o tratamento manteve a qualidade do lote não diferendo e com germinação superior a 80% nas capacidades de 15 a 60% de retenção. Segundo Machado et al. (2023) essa homogeneidade dos resultados mostra que os tratamentos mantiveram a alta qualidade inicial do lote de sementes.

O fósforo é um dos principais elementos que influenciam o crescimento das plantas. As práticas agrícolas convencionais dependem principalmente de fertilizantes químicos, que podem representar um risco ao equilíbrio ambiental. Neste sentido, Shukla e Prithiviraj (2021) afirmam que aplicação de um extrato de *Ascophyllum nodosum* em condições de baixa disponibilidade de fósforo (P) aumentou o peso fresco e seco tanto dos brotos quanto das raízes de milho. Dessa forma, o estudo demonstrou a capacidade do bioinsumo de promover a produtividade, uma cultura de grande importância, em solos com baixa disponibilidade de fósforo. Além disso, o trabalho propõe uma abordagem sustentável e ecologicamente responsável para incrementar a produção agrícola em solos pobres em nutrientes.

De forma semelhante a germinação, com ou sem aplicação de aplicação de Nitrogênio + Cobre + Molibdênio e Zinco (B3) (Figura 1E) obteve maior porcentagem próximo a capacidade de 60% de retenção de água. O maior índice de velocidade de germinação foi obtido na capacidade próxima a

60%, corroborando com as RAS que essa é a ideal para germinação e formação de plântulas. Esse índice foi reduzido em 5% e nulo em 120% de retenção de água (Figura 1F).

A aplicação de nutrientes via sementes é adotada principalmente pela dificuldade de distribuir pequenas quantidades de micronutrientes por toda a área durante a adubação ou pulverização foliar, já que esses elementos são necessários nos estágios iniciais, quando a área foliar ainda é reduzida, resultando em baixa eficiência. Além disso, a aplicação de macronutrientes essenciais no início do desenvolvimento da planta visa atender às suas necessidades nas fases críticas de estabelecimento, garantindo que não faltem nutrientes (Kirkby et al., 2001; Magalhães; Freitas, 2017; Machado et al., 2023).

Logo, não verificou-se diferença entre a aplicação dos bioinsumos para germinação e velocidade germinação de sementes de milho AG8065, de forma geral o tratamento de sementes (TS) não influencia na porcentagem final de plântulas. Alguns trabalhos relatam que o TS influencia na formação de plântulas. De acordo com Machado et al. (2023), um determinado tratamento de sementes é bem-sucedido e pode ser adotado comercialmente desde que não cause um efeito prejudicial na qualidade fisiológica das sementes.

Segundo Vidal et al. (2021) os bioinsumos se alinham tanto com as necessidades nacionais de desenvolvimento quanto com os compromissos internacionais, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Este tecnologia também se conecta ao Plano Estratégico da Comissão Interamericana de Agricultura Orgânica, ao Codex Alimentarius e aos acordos dentro do Acordo Mercosul-União Europeia. Os bioinsumos são destacados como um elemento crucial para o desenvolvimento sustentável no Brasil, fomentando o diálogo positivo entre vários setores da sociedade, nacional e internacionalmente.

Conclusões

A aplicação de bioinsumos à base de *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus circulans* e *Bacillus haynesii*, juntamente com nutrientes via sementes, não interfere na germinação do milho híbrido AG 8065.

A utilização do extrato de alga *Ascophyllum nodosum* e de nutrientes deve ser investigada com maior profundidade, considerando-se a composição química específica de cada híbrido.

Os bioinsumos apresentam grande potencial para o cultivo de milho. No entanto, são necessários mais estudos que abordem a formação de plântulas, o estabelecimento da cultura e o impacto na produção final.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade de Rio Verde (UniRV), a Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação (PRPI), ao Programa de Pós-Graduação de Produção Vegetal da UniRV e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte a execução do projeto. Este tópico é reservado, obrigatoriamente, a agradecimentos às instituições que financiaram a execução do trabalho (UniRV-PIBIC-CNPq).

Referências Bibliográficas

AMARO, H. T. R.; FERNANDES, H. M. F; ALMEIDA, P. M. A.; PORTO, E. M. V.; DAVID, A. M. S. S. Tratamento de sementes com bioestimulante e disponibilidade hídrica no desenvolvimento inicial do milho. **Magistra**, v. 33, n. Fluxo contínuo, 2023.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: **Instrução normativa nº 45**, de 17 de setembro de 2013, Brasília: MAPA, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, p. 395. 2009.

CAIRES, E. F.; COSTA, G. M.; PAULA, M. F.; & OLIVEIRA, L. F. Uso de microrganismos benéficos com o bioinsumos agrícolas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, 25(1). p. 451-458. 2021.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. A**companhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2022/23**. 2024. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos. Acessado em 09 de setembro de 2024.

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. **Climate Change 2023: Synthesis Report**. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Lee H, Romero J, editors]. Geneva, Switzerland: IPCC (in press), 2023.

KIRKBY, E. J.; MENGEL, K.; MARSCHNER, H. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

MACHADO, C. G.; SILVA, G. Z.; CRUZ, S. C. S.; ANJOS, R. C. L.; SILVA, C. L.; MATOS, L. F. L.; SMANIOTTO, A. O. Germination and vigor of soybean and corn seeds treated with mixed mineral fertilizers. **Plants**, v. 12, p. 338-16, 2023.

MAGALHÃES, P. C.; FREITAS, R. A. **Fertilização Foliar: Bases Científicas e Técnicas de Aplicação**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2017.

MAGUIRE, L. D. Speed of germination – aid in selection and evolution for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020**. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos, 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10375.htm. Acessado em 09 de setembro de 2024.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de 85 carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, coordenação da Casa Civil da Presidência da República**. – Brasília: MAPA/ACS.173 p. 2012.

MISHRA, R. K.; PANDEY, S.; RATHORE, U. S.; MISHRA, M.; KUMAR, K.; KUMAR, S.; MANJUNATHA, L. Characterization of plant growth-promoting, antifungal, and enzymatic properties of beneficial bacterial strains associated with pulses rhizosphere from Bundelkhand region of India. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 54, n. 3, p. 2349-2360, 2023.

PASSOS, E. G. C.; KOVALSKI, E.; SOUZA, E.; KRAEMER, A. L.; FARIAS, V. J.; CRUZ, S. P. Uso de inoculantes em tomate para avaliação de redução de fertilizantes nitrogenados e potássicos. **Revista Latinoamericana Ambiente e Saúde**, v. 5, n. 3, p. 294-300, 2023.

PEREIRA, E. A. et al. Efeito de biorreguladores na germinação e emergência de plântulas de soja. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**. v. 10, n. 1, p. 63- 68, 2020.

SHUKLA, P. S.; PRITHIVIRAJ, B. Ascophyllum nodosum biostimulant improves the growth of Zea mays grown under phosphorus impoverished conditions. **Frontiers in plant science**, v. 11, p. 601843, 2021.

SOLANHA, M.; LIMA, C.; SOUZA, E.; CONCARI, L. E.; FARIAS, V. J.; CRUZ, S. P. Coinoculação do trigo com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus spp*. como alternativa mais sustentável na agricultura. **Revista Latinoamericana Ambiente e Saúde**, v. 5, n. 3, p. 261-267, 2023.

TEIXEIRA, L. A. R.; JADOSKI, S. O.; FAGGIAN, R.; SPOSITO, V. Efeito de alterações climáticas na aptidão agrícola para cultivo de milho na microrregião de Guarapuava, Paraná. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, p. 5, 2020.

VIDAL, M. C.; AMARAL, D. F. S.; NOGUEIRA, J. D.; MAZZARO, M. A. T. Bioinsumos: a Construção de um Programa Nacional pela Sustentabilidade do Agro Brasileiro. **EALR**, v. 12, n. 3, p. 557-574, 2021.