

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

TECNOLOGIAS DE INOCULANTES ASSOCIADAS AO PÓ DE ROCHA COMO FONTE DE NUTRIENTES PARA HORTALIÇAS FOLHOSAS

**TAMIRES DOS REIS SILVA¹, MAURICÉLIA FERREIRA ALMEIDA
LARANJEIRAS², ALINNE DA SILVA³.**

AFILIAÇÃO

¹ UEMASUL – CCA – Av. Agrária, 100 – Colina Park, Imperatriz – MA, 65900-001 – Bolsista PIBITI/FAPEMA, Graduanda em Engenharia Agrônômica; ² UEMASUL – CCA – Av. Agrária, 100 – Colina Park, Imperatriz – MA, 65900-001 – Orientadora do projeto PIBITI/FAPEMA, Professora Assistente IV; ³ UEMASUL – CCA – Av. Agrária, Imperatriz – MA 100 – Colina Park, Imperatriz – MA, 65900-001 – Coorientadora do projeto PIBITI/FAPEMA, Professora Adjunta III.

RESUMO

O crescente aumento no custo da produção agrícola, devido às importações de insumos e fertilizantes, apontam a necessidade de mais pesquisas e inovação tecnologia voltadas para a produção agrícola. O projeto teve como objetivo validar e recomendar as tecnologias da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) de inoculação AzoTotal® e BiomaPhos® associadas ao pó de rocha, para o cultivo de hortaliças folhosas na região Tocantina do Maranhão. O estudo foi conduzido em ambiente controlado, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, localizada no município de Imperatriz. O solo foi coletado em uma área não antropizada, sob vegetação nativa no município de Imperatriz, no Maranhão. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, conduzido em um esquema fatorial 4x4, com as doses de pó de rocha (0, 0,5, 1, 1,5 t.ha⁻¹) associadas aos tipos de inoculação (com AzoTotal®, BiomaPhos®, AzoTotal® mais BiomaPhos® e ausência de inoculação) e quatro repetições. A planta teste foi alface (*Lactuca sativa* L.), variedade alface crespa, cultivada por 27 dias. As variáveis analisadas foram a massa fresca e massa seca da parte aérea e subterrânea e o número de folhas por planta. Os resultados foram submetidos à análise fatorial, e a diferença entre as médias foi analisada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados apontaram que não houve interação significativa entre as doses de pó de rocha associadas aos inoculantes para as variáveis número de folhas por planta e massa seca da parte aérea e subterrânea. Os tratamentos que combinaram 0,5 toneladas por hectare de pó de rocha associado ao inoculante BiomaPhos® apresentaram maior valor de massa fresca tanto da parte aérea, quanto da parte subterrânea. Esses resultados não são conclusivos, pois os mesmos tratamentos continuarão a ser avaliados por mais três cultivos consecutivos.

PALAVRAS-CHAVE: AzoTotal®; BiomaPhos®; Rochagem.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca pelo seu setor agropecuário, contudo o país ainda é dependente de insumos e fertilizantes industrializados importados, que provoca o aumento no custo da produção agrícola (Almeida et al., 2022). O cenário instável da economia está promovendo um aumento nos preços dos insumos agrícolas (Osaki, 2021), e isto aponta a necessidade de pesquisa e inovação tecnológica voltadas para a produção agrícola.

A adição de compostos inorgânicos de origem mineral ao solo visando à construção da fertilidade deste solo é denominada rochagem (Brito et al., 2019). Está é uma prática antiga que apresenta vantagens tanto econômicas quanto ambientais. Entre os benefícios, destaca-se a maior capacidade de retenção de água no solo e maior disponibilidade de micronutrientes; diminuição da acidez; menor custo econômico (Theodoro, 2000; Theodoro e Leonardos, 2006; Brito et al., 2019).

De acordo com a Lei 12.890 de 10/12/2013, a rochagem tem sido considerada como remineralizadores, sendo reconhecido oficialmente pelo Ministério da Agricultura como fertilizante (Brasil, 2013). A associação do pó de rocha com microrganismos é considerada na literatura uma técnica que pode promover a solubilização mais eficaz e rápida. Essa técnica acelera a solubilização dos nutrientes presentes na composição mineralógica dos pós de rochas, devido à produção de ácidos orgânicos (Florentino et al., 2017; Seidel et al., 2022).

Segundo a Legislação Brasileira - Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980 - os inoculantes são substâncias que possuem microrganismos com a atuação favorável ao desenvolvimento vegetal (Brasil, 2011). Estes microrganismos são capazes de favorecer o crescimento do sistema radicular das plantas e promover o aumento da eficiência para absorção de água e nutrientes (Antunes, 2019).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) destaca-se por conduzir pesquisas em todas as regiões do país, relacionadas aos benefícios da utilização de inoculantes e a elaboração de novos produtos (Nogueira e Hungria, 2013). A AzoTotal® e a BiomaPhos® são duas tecnologias de inoculação. O AzoTotal® é um inoculante líquido com o microorganismo *Azospirillum brasilense*, estirpes Ab-V5 e Ab-V6, e o BiomaPhos® é um inoculante líquido com os microrganismos *Bacillus megaterium*, estirpe BRM 119, e *Bacillus subtilis*, estirpe BRM 2084.

Conforme Nogueira e Hungria (2013), no Brasil mais de 95% dos inoculantes à base de bactérias diazotróficas são destinados à cultura da soja. Todavia, o Ministério da

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) selecionou e autorizou estirpes bacterianas diazotróficas para mais de 100 espécies vegetais (Brasil, 2011).

METODOLOGIA

O projeto foi realizado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, campus de Imperatriz. Os produtos utilizados foram à rocha finamente moída combinada com tecnologias da EMBRAPA (AzoTotal® e BiomaPhos®). O AzoTotal® é um inoculante líquido com o microorganismo *Azospirillum brasilense*, estirpes Ab-V5 e Ab-V6. O BiomaPhos® é um inoculante líquido com os microorganismos *Bacillus megaterium*, estirpe BRM 119, e *Bacillus subtilis*, estirpe BRM 2084.

O pó de rocha foi obtido na Pedreira São Francisco, localizada no município de Porto Franco, MA, a qual possui a licença ambiental para a exploração do produto. A rocha explorada pela Pedreira São Francisco foi classificada como basalto, com 51,8% de silício, 1,2% de óxido de potássio, 7,9% de óxido de cálcio, 3,69% de óxido de magnésio, 0,005% de cobalto, níquel e molibdênio, 0,1% de manganês, 0,17% de cloro, 7,37% de ferro, 0,1 de zinco e 0,1% de boro. O pó de rocha foi obtido pela moagem da rocha, e o material passou na peneira de 0,15 mm.

O solo utilizado no projeto foi coletado em área não antropizada, sob vegetação nativa no município de Imperatriz. A análise física do solo indica que 89% da sua composição é areia (sendo 51% areia fina e 38% areia grossa) e 11% argila e silte.

O solo foi seco ao ar livre, peneirado com a peneira de 2 mm e colocado em vasos com capacidade de 1 kg de solo. A cultura teste foi à alface (*Lactuca sativa* L.), e a variedade utilizada foi à alface crespa. As sementes foram semeadas em bandejas de poliestireno, contendo substrato comercial, para a obtenção das mudas.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições, conduzido em um esquema fatorial 4x4. As seguintes quantidades de pó de rocha foram testadas: 0, 0,5, 1, 1,5 t.ha⁻¹, convertidas para granas de pó de rocha por kilo de solo. A combinação dos inoculantes foram: AzoTotal®, BiomaPhos®, AzoTotal® + BiomaPhos® e ausência de inoculação. A dose utilizada dos inoculantes via semente foi de 1 ml para 700 mg de semente de alface, conforme a recomendação técnica do fabricante para a cultura da soja, pois não há recomendação para a cultura da alface.

Primeiramente, as doses de pó de rocha foram incorporadas ao solo conforme os

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

tratamentos e agitados para a realização de uma mistura homogênea do pó de rocha com o solo. A inoculação foi realizada via semente, no mesmo dia do plantio. As mudas de alface foram transplantadas para os vasos contendo os tratamentos, e após 27 dias foi realizada a retirada da planta inteira do vaso para as análises. Devido à elevada incidência de mosca-branca (*Bemisia tabacia*), foi necessário adiantar a colheita, que estava prevista para após 40 dias de transplantio. As plantas foram retiradas do vaso, separada a parte aérea e subterrânea. As raízes foram lavadas em água corrente sobre uma peneira de 2 mm para evitar a perda de raízes finas.

As variáveis avaliadas na alface foram a massa fresca de parte aérea e subterrânea, obtida pelo peso das folhas e do sistema radicular, separadas no momento da colheita, número de folhas por planta e a massa seca, obtida após a secagem das folhas e do sistema radicular em estufa de circulação forçada de ar em temperatura de 65 °C, por 72 horas e o peso determinado em balança analítica.

Para garantir a análise de premissas de variância (ANOVA), os resultados foram verificados quanto à normalidade e homocedasticidade pelos testes de Shapiro- Wilk e Bartlett a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo *software* AgroEstat. Após a análise de variância, as variáveis que apresentaram diferenças estatisticamente significativas a 5% de probabilidade foram submetidos ao teste de Tukey, para comparação de médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre as doses de pó de rocha associadas aos inoculantes para a variável números de folhas por plantas (Tabela 01).

Tabela 01: Valores médios do número de folhas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetido a tratamentos com doses de pó de rocha associado à inoculantes. Resultados em g.

Doses de Pó de Rocha	Tipos de inoculação				CV (%)
	Ausência	AzoTotal®	BiomaPhos®	AzoTotal® e BiomaPhos®	
0	8,67 aA	7,33 aA	6,00 aA	6,00 aA	25,31
0,5	4,33 aA	6,00 aA	8,33 aA	5,67 aA	27,26
1,0	5,00 aA	4,33 aA	4,67 aA	5,67 aA	59,30
1,5	7,00 aA	3,67 aA	5,67 aA	4,00 aA	48,85
CV (%)	27,32	42,96	41,34	45,60	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

As plantas que apresentaram o maior valor de massa fresca de parte aérea foram obtidas nos tratamentos que combinaram $0,5 \text{ t.ha}^{-1}$ de pó de rocha ao BiomaPhos® e ao AzoTotal® +BiomaPhos® (Tabela 2).

Tabela 02: Valores médios de massa fresca da parte aérea (g) da alface (*Lactuca sativa* L.) submetida às doses de pó de rocha associadas à inoculantes.

Doses de pó de rocha	Tipos de inoculação				CV (%)
	Ausência	AzoTotal®	BiomaPhos®	AzoTotal® e BiomaPhos®	
0	5,27 aA	4,43 aA	3,51 aA	5,04 aA	31,98
0,5	2,48 aB	2,81 aB	5,93 aA	4,08 aAB	30,00
1,0	3,09 aA	2,70 aA	3,49 aA	3,47 aA	45,21
1,5	5,26 aA	3,24 aA	4,31 aA	2,67 aA	37,62
CV (%)	27,17	37,34	34,06	43,69	

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O sistema radicular do tratamento com a combinação $0,5 \text{ t.ha}^{-1}$ + BiomaPhos® apresentou o maior valor de massa fresca (6,10 g). O tratamento que não recebeu pó de rocha tampouco inoculação apresentou 2,60 g de massa fresca de raiz (Tabela 3).

Tabela 03: Valores médios de massa fresca da parte subterrânea (g) da alface (*Lactuca sativa* L.) submetido a tratamentos com doses de pó de rocha associado à inoculantes.

Doses de pó de rocha	Tipos de inoculação			
	Ausência	AzoTotal®	BiomaPhos®	AzoTotal® e BiomaPhos®
0	2,60 bA	3,06 aA	5,11 bA	4,76 aA
0,5	3,64 abB	2,68 aB	6,10 aA	4,38 aB
1,0	3,39 abA	5,36 aA	3,30 bA	3,20 aA
1,5	5,62 aA	4,34 aA	4,30 bA	3,32 aA
CV (%)	30,64			
P	0,0090			

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os efeitos dos tratamentos verificados para a variável massa fresca de parte aérea e do sistema radicular não foram observados para a massa seca de parte aérea, pois não houve diferenças estatísticas entre as médias (Tabela 04 e 05).

Tabela 04: Valores médios de massa seca da parte aérea (g) da alface (*Lactuca sativa* L.) submetida às doses de pó de rocha associadas à inoculantes.

Doses de pó de rocha	Tipos de inoculação				CV (%)
	Ausência	AzoTotal®	BiomaPhos®	AzoTotal® e BiomaPhos®	

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

0	0,65 aA	0,46 aA	0,42 aA	0,56 aA	32,80
0,5	0,59 aA	0,41 aA	0,69 aA	0,60 aA	39,61
1,0	0,64 aA	0,54 aA	0,60 aA	0,40 aA	35,74
1,5	0,68 aA	0,57 aA	0,53 aA	0,59 aA	17,62
CV (%)	40,55	27,58	27,82	25,80	

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 05: Valores médios de massa seca da parte subterrânea (g) da alface (*Lactuca sativa* L.) submetida às doses de pó de rocha associadas à inoculantes.

Doses de pó de rocha	Tipos de inoculação				CV (%)
	Ausência	AzoTotal®	BiomaPhos®	AzoTotal® e BiomaPhos®	
0	0,20 aA	0,17 aA	0,30 aA	0,21 aA	62,50
0,5	0,21 aA	0,10 aA	0,31 aA	0,28 aA	35,59
1,0	0,25 aA	0,22 aA	0,13 aA	0,17 aA	54,80
1,5	0,32 aA	0,17 aA	0,24 aA	0,16 aA	36,65
CV (%)	29,69	58,54	52,13	53,45	

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conforme os resultados observados, não ocorreram efeitos significativos na associação de pó de rocha com inoculantes para número de folhas por planta e massa seca da parte aérea e subterrânea. No entanto, os valores de massa fresca da parte aérea e subterrânea foram maiores no tratamento que combinou o inoculante BiomaPhos® e 0,5 t.ha⁻¹ de pó de rocha.

Os resultados apontam o melhor resultado obtido com o BiomaPhos® podem ser explicados pelo fato de o produto ser formulado com duas cepas do gênero *Bacillus* (*Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis*). Essas bactérias possuem a capacidade de formar endósporos, permitindo que se adaptem a condições abióticas extremas, como temperatura, pH, radiação e entre outros. O gênero *Bacillus* ainda apresenta uma multiplicidade de mecanismos de ação, além de promover o desenvolvimento da biomassa da parte aérea e do sistema radicular, e ainda aumentarem a capacidade de obtenção de água, nutrientes e fixação ao solo (Albuquerque, 2018).

De acordo com Melamede et al. (2007) o pó de rocha possui benefícios como o fornecimento lento de vários nutrientes que aumentam a produção, controla a erosão do solo, aumento da matéria orgânica e, também, auxilia a atividade de microrganismos e de minhocas. Porquanto, a associação entre o pó de rocha e microrganismos tem acelerado a solubilização dos minerais que a compõe e, conseqüentemente, a liberação dos nutrientes (Florentino et al., 2017; Seidel et al., 2022).

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

Segundo Moura et al. (2018) o uso de pó de rocha se demonstrou uma alternativa viável para fertilização de hortaliças como a couve (*Brassica oleracea* L.), e os seus resultados foram similares a utilização da cama de frango. Entretanto, Livi e Castamann (2016) avaliaram a utilização do pó de rocha na alface, e concluíram que a utilização do pó de rocha isolado e associado ao esterco, não apresentaram diferenças significativas. Segundo os autores isto pode se dar pelas condições em que o experimento foi conduzido e a cultivar ser de ciclo curto.

Os resultados obtidos não são conclusivos, pois além da planta ter sido avaliada antes de completar o período de desenvolvimento, é necessário avaliar o desempenho de cada tratamento por mais cultivos da mesma planta testes e nas mesmas condições ambientais.

CONCLUSÕES

O inoculante BiomaPhos® associado ao pó de rocha 0,5 t.ha⁻¹ promoveu o maior valor de massa fresca da parte aérea e subterrânea em plantas de alface. Os resultados obtidos não são conclusivos, pois além da planta ter sido avaliada antes de completar o período de desenvolvimento, é necessário avaliar o desempenho de cada tratamento por mais cultivos da mesma planta testes e nas mesmas condições ambientais.

APOIO FINANCEIRO

Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C. A. C. Potencial de *Bacillus* spp. no controle de estresses bióticos e abióticos e na promoção de crescimento de tomateiro. 2018. Dissertação (Doutorado). Repositório Institucional Universidade Estadual Paulista.

ALMEIDA J. J. J. et al., Uso do remineralizador de solo micaxisto na cultura da soja na região Centro-Oeste do Brasil. *Conjecturas*. 2022. v. 22, n. 9, p. 460–471.

ANTUNES, J. M. Inoculação reduz custos com fertilizantes na soja. Embrapa. 2019. Disponível online: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticiasectare>. (Acesso em 20 de agosto de 2023).

BRASIL. Diário Oficial da União - Seção 1. JusBrasil. 2013. Disponível online: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/DOU/2013/12/11> (Acesso em 27 de julho de 2023).

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária Instrução Normativa Nº 13, de 24 de março de 2011.

BRITO, R. S. et al. Rochagem na agricultura: importância e vantagens para adubação suplementar. SAJEBTT, Rio Branco, UFAC, v.6, n.1, p. 528-540, 2019.

FLORENTINO, L. A. et al. Potassium solubilization in phonolite rock by diazotrophic bacteria. *Comunicata Scientiae*. 2017. v. 8, n. 1, p. 17-22. Disponível online: <https://www.comunicatascientiae.com.br> (Acesso em 05 de julho de 2023).

MELAMED, Ricardo; GASPAR, José Carlos; MIEKELEY, Norbert. Pó-de-Rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais. Série Estudos e Documentos Sed – 72. 2007.

MOURA, C. S. et al. Produtividade de *Brassica oleracea* em sistema de transição orgânica no Sul do Brasil. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 2018. Disponível online: <https://dialnet.unirioja.es/servlet> (Acesso em 04 de agosto de 2023).

NOGUEIRA M. A; HUNGRIA, M. Oportunidades e ameaças à contribuição da fixação biológica de nitrogênio em leguminosas no Brasil. Embrapa. 2013. p. 433-436.

LIVI, A.; CASTAMANN, A. Uso de pó de rocha, termofosfato e adubo orgânico na produção de hortaliças. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 2016. Disponível online: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix> (Acesso em 04 de agosto de 2023).

OSAKI, Mauro. Alto preço de fertilizantes desafia produtor. [Piracicaba, 2021]. Disponível online: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniao-cepea/alto-preco-de-fertilizante-desafia-produtor.aspx> (Acesso em 20 de agosto de 2023).

SEIDEL, E. P.; CEQUINATTO, P.; RIBEIRO, L. L. O. Agronomic characteristics of white lupine and phosphorus contents after application of basalt rock dust associated with cover crops and microorganisms. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 3, 2022.

THEODORO, S. H. A fertilização da terra pela terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural. Centro de Desenvolvimento Sustentável. 2000. 225p. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. SciELO. 2006. Disponível online: <https://www.scielo.br/j/> (Acesso em 25 de julho de 2023).