

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

NATHAN ALMEIDA AMANCIO

**MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM) ASSOCIADOS À ADUBAÇÃO
COM COMPOSTO ORGÂNICO E REMINERALIZADOR DE SOLO NO CULTIVO
DE AVEIA EM SOLO DEGRADADO**

ALFENAS/MG

2024

NATHAN ALMEIDA AMANCIO

**MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM) ASSOCIADOS À ADUBAÇÃO
COM COMPOSTO ORGÂNICO E REMINERALIZADOR DE SOLO NO CULTIVO
DE AVEIA EM SOLO DEGRADADO**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Tecnologias Ambientais Aplicadas.

Orientador: Prof. Dr. Breno Régis Santos
Coorientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio de Souza

ALFENAS/MG

2024

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Central

Amancio, Nathan Almeida .

Microrganismos eficientes (EM) associados à adubação com composto orgânico e remineralizador de solo no cultivo de aveia em solo degradado / Nathan Almeida Amancio. - Alfenas, MG, 2024.

60 f. : il. -

Orientador(a): Breno Régis Santos.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2024.

Bibliografia.

1. Avena sativa. 2. Agricultura regenerativa. 3. Rochagem. 4. Pó de rocha. I. Santos, Breno Régis, orient. II. Título.

Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.

NATHAN ALMEIDA AMANCIO

“ UTILIZAÇÃO DE REMINERALIZADOR DE SOLO E MICRORGANISMOS EFICIENTES (EM) NO CULTIVO DE PLANTAS DE AVEIA (*Avena sativa*) ”

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Ciências Ambientais.

Aprovada em: 08 de março de 2024.

Prof. Dr. Breno Régis Santos

Instituição: Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL)

Dra. Daniele Maria Marques

Instituição: Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL)

Prof. Dra. Nagla Maria Sampaio de Matos

Instituição: UNIFENAS



Documento assinado eletronicamente por **Breno Régis Santos, Professor do Magistério Superior**, em 08/03/2024, às 15:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1189480** e o código CRC **106C8178**.

Dedico este trabalho à minha gatinha de estimação Névoa, que esteve comigo servindo de melhor companhia e suporte emocional possível, desde os primeiros anos da minha graduação. Recentemente perdi sua companhia. Eternizo sua existência nesta dissertação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço de uma forma geral a todos que contribuíram pelo desenvolvimento desta dissertação.

Aos Doutores Breno e Paulo, meus orientadores, que desempenharam um papel crucial no desenvolvimento do trabalho.

Aos meus familiares e amigos que estiveram do meu lado durante toda a caminhada, em especial o Léo e a Raíssa, pessoas mais próximas de mim depois dos meus familiares, a quais tenho um carinho imensurável.

À Carla e ao Antônio, colegas de equipe e à Gabi por toda a ajuda e força prestada nas tarefas mais árduas do trabalho.

Agradeço ao Gentil e ao Cláudio, trabalhadores do setor onde o trabalho foi executado, que serviram de grande apoio ao decorrer do tempo de execução.

Por fim, agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, que financiou minha bolsa de pesquisa.

RESUMO

A recuperação de solos degradados, crucial para mitigar as mudanças climáticas e aumentar a produção alimentícia. No entanto, o uso excessivo de fertilizantes químicos pode causar impactos ambientais e criar dependência de importações. A solução pode estar no uso de remineralizadores de solo, compostagem e microrganismos eficientes. Este estudo teve como objetivo examinar o impacto de vários fertilizantes orgânicos e diferentes fontes de Microrganismos Eficientes na emergência, crescimento vegetativo, produção de grãos e produção de biomassa de aveia. Utilizou-se um esquema fatorial $(3 \times 4) + 2$ em um Delineamento Inteiramente Casualizado, avaliando a adubação com um composto orgânico, um composto organomineral e um remineralizador de solo, quando expostos à aplicação dos Microrganismos Eficientes da mata, do bambu e o produto comercial, além da ausência de aplicação. Além disso, foi explorada a aplicação dos fertilizantes sem a aplicação dos microrganismos. Os grupos de controle foram a fertilização química e a ausência de adubação. Os resultados indicaram o potencial do composto organomineral como alternativa à adubação química, destacando a viabilidade do uso de remineralizadores para enriquecer compostos orgânicos. A inoculação com o produto comercial não apresentou melhorias significativas. A inoculação com os Microrganismos Eficientes da mata e do bambu demonstrou efeitos tóxicos no sistema, na dosagem e no momento de inoculação utilizados neste trabalho.

Palavras-chave: *Avena sativa*; Agricultura regenerativa; Rochagem; Pó de rocha.

ABSTRACT

The recovery of degraded soils is crucial for mitigating climate change and increasing food production. However, the excessive use of chemical fertilizers can cause environmental impacts and create dependence on imports. The solution may lie in the use of soil remineralizers, composting, and efficient microorganisms. This study aimed to examine the impact of various organic fertilizers and different sources of Efficient Microorganisms on the emergence, vegetative growth, grain production, and biomass production of oats. A factorial scheme $(3 \times 4) + 2$ was used in a Completely Randomized Design, evaluating fertilization with an organic compound, an organomineral compound, and a soil remineralizer, when exposed to the application of Efficient Microorganisms from the forest, bamboo, and the commercial product, in addition to the absence of application. In addition, the application of fertilizers without the application of microorganisms was explored. The control groups were chemical fertilization and the absence of fertilization. The results indicated the potential of the organomineral compound as an alternative to chemical fertilization, highlighting the viability of using remineralizers to enrich organic compounds. Inoculation with the commercial product did not show significant improvements. Inoculation with the Efficient Microorganisms from the forest and bamboo demonstrated toxic effects on the system, at the dosage and time of inoculation used in this work.

Keywords: *Avena Sativa*; Regenerative agriculture; Rock dust; Rock powder.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Preparo das iscas para coleta dos Microrganismos Eficientes em Muzambinho, MG.....	42
Figura 2 - Preparo do meio de cultura para a fermentação e multiplicação dos Microrganismos Eficientes (EM) em Muzambinho, MG.....	43
Figura 3 - Iscas de arroz colonizadas pelos Microrganismos Eficientes (EM) em Muzambinho, MG.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Análise química dos compostos orgânico e organomineral, produzidos no IFSULDEMINAS - campus Muzambinho, em Muzambinho, MG.....	41
Tabela 2 -	Resultado da análise química do remineralizador de solo obtido em Muzambinho, MG.....	41
Tabela 3 -	Tratamentos avaliados no experimento, aplicados em plantas de aveia em Muzambinho, MG.....	46
Tabela 4 -	Resultado da análise do solo utilizado, coletado em Muzambinho, MG.....	47
Tabela 5 -	Taxa de emergência (%) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE) de plântulas de aveia submetidas à aplicação de diferentes adubações orgânicas e Microrganismos Eficientes (EM) em Muzambinho, MG.....	51
Tabela 6 -	Resultados do teste de Dunnett para as variáveis: altura; diâmetro de colmo; número de folhas do colmo principal; comprimento da maior folha; comprimento médio das duas últimas folhas; peso de grãos e produção de biomassa de plantas de aveia em solo degradado, submetidas à aplicação de diferentes adubos orgânicos e Microrganismos eficientes, em Muzambinho - MG.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
CWb	Clima temperado úmido, com invernos secos e verões moderadamente quentes
EM	Microrganismos Eficientes
IFSULDEMINAS	Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologias do sul de Minas Gerais
IVE	Índice de Velocidade de Emergências
UNIFAL-MG	Universidade Federal de Alfenas
PET	Polietileno
PMB	Produto Mundial Bruto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1	DEGRADAÇÃO DOS SOLOS.....	16
2.2	A CULTURA DA AVEIA.....	18
2.3	FERTILIZANTES QUÍMICOS.....	19
2.4	REMINERALIZADORES DE SOLO.....	21
2.5	COMPOSTO ORGÂNICO.....	24
2.6	MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM).....	25
	REFERÊNCIAS.....	28
	ARTIGO 1 - A APLICAÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MICROORGANISMOS EFICIENTES APRESENTA A MESMA EFICIÊNCIA DA ADUBAÇÃO QUÍMICA NA EMERGÊNCIA, CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE AVEIA?.....	37
	RESUMO.....	37
	ABSTRACT.....	37
1	INTRODUÇÃO.....	38
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	40
2.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	40
2.2	OBTENÇÃO DOS ADUBOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO.....	40
2.3	COLETA E MULTIPLICAÇÃO DOS MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM).....	42
2.4	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	45
2.5	IMPLANTAÇÃO.....	46
2.6	AVALIAÇÕES.....	47
2.6.1	Emergência de plântulas.....	47
2.6.2	Crescimento vegetativo.....	48
2.6.3	Produção de grãos.....	49
2.6.4	Produção de biomassa.....	50
2.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	50
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
3.1	RESULTADOS.....	50

3.1.1 Emergência de plântulas.....	50
3.1.2 Crescimento e produção.....	51
3.2 DISCUSSÃO.....	54
4 CONCLUSÕES.....	57
REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO GERAL

A degradação do solo é um fenômeno global que compromete a capacidade dos ecossistemas de prover serviços essenciais, como por exemplo o fornecimento de nutrientes para as plantas, impactando diretamente a produtividade (TNC; EMBRAPA, 2021). Originada por fatores humanos e naturais, como exaustão de nutrientes, erosão, acidificação e poluição, manifesta-se em formas físicas, químicas e biológicas (Almeida, 2015; Novak *et al.*, 2021; Vezzani *et al.*, 2009). A adoção de medidas preventivas, como manejo adequado do solo e preservação da vegetação, é crucial para mitigar sua progressão. Cerca de 20% a 40% do solo global está degradado, afetando significativamente a economia e a sustentabilidade (UNCCD, 2022). No Brasil e América Latina, aproximadamente metade dos solos está comprometida (FAO, 2015).

A aveia é uma valiosa opção para recuperar solos degradados, sendo amplamente adotada pelos produtores na região Sul do Brasil devido aos benefícios que proporciona ao sistema de rotação e sucessão de culturas, especialmente quando implantada durante o outono e inverno (Müller *et al.*, 2012). A exigência da cultura da aveia por micronutrientes é baixa, mesmo que de uma forma geral a cultura seja considerada de alta exigência nutricional (Pacheco *et al.*, 2021). Os resíduos vegetais da aveia contribuem para a disponibilidade de nutrientes às culturas subsequentes, promovendo o acúmulo de fósforo e potássio no solo sob plantio direto (Floss, 2002).

Os fertilizantes químicos desempenham um papel crucial na agricultura moderna, contribuindo para a produtividade das culturas. No entanto, o Brasil, como o quarto maior consumidor global de fertilizantes, enfrenta desafios significativos devido à dependência de importações, que constituem cerca de 70% do total utilizado (Oliveira; Malagolli; Cella, 2019). Essa dependência expõe o país à volatilidade dos preços internacionais e a interrupções na cadeia de suprimentos, como os recentes casos de escassez causados pela guerra entre Ucrânia e Rússia (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2022; Tamarindo; Pires, 2022). Além disso, o uso excessivo de fertilizantes químicos pode ter sérios impactos ambientais, incluindo contaminação de águas subterrâneas e superficiais, solo e atmosfera (Espescht; Pinto; Eleutério, 2021; Cirino *et al.*, 2021).

Diante desses desafios, é fundamental buscar alternativas sustentáveis, como remineralizadores e bioinsumos, que não apenas reduzem os impactos ambientais, mas também fortalecem a soberania agrícola do Brasil, contribuindo com a transição para uma agricultura mais sustentável e menos dependente de importações.

A “rochagem”, ou remineralização do solo, é uma técnica agrícola que utiliza o pó de rochas extraídas de pedreiras como fonte de nutrientes para as plantas (Toscani; Campos, 2017). Este resíduo, além de fornecer macro e micronutrientes, pode ajudar a reequilibrar o pH do solo, aumentar sua Capacidade de Trocas Catiônicas e melhorar sua reserva nutricional (Welter *et al.*, 2011). Ao contrário dos fertilizantes solúveis, que liberam nutrientes rapidamente, o pó de rocha libera nutrientes de forma mais lenta e contínua, proporcionando uma disponibilidade prolongada durante os ciclos de cultivo (Medeiros, 2017). Esta prática também beneficia a colonização e o crescimento de fungos micorrízicos, que auxiliam na absorção de nutrientes pelas plantas (Edward, 2016).

A remineralização do solo tem vantagens agronômicas, ambientais e sociais, como a redução da poluição das águas continentais e a diminuição da dependência de fertilizantes solúveis importados (Brito, 2019). No entanto, a baixa solubilidade do pó de rocha pode ser um desafio, tornando necessário o uso de estratégias para acelerar a liberação de nutrientes, como a inoculação de microrganismos e a combinação com processos de compostagem (Brandão; Lopes-Assad; Ceccato-Antonini, 2014; Rocha, 2006).

A reintrodução de Microrganismos Eficientes (EM) é uma estratégia inovadora para revitalizar a saúde do solo agrícola. Os EM, que são microrganismos presentes em ambientes naturais, desempenham várias funções essenciais para o funcionamento ecológico adequado (Casali, 2020). Eles são usados em pelo menos 60 países ao redor do mundo, incluindo Índia, Japão, Europa e Estados Unidos (Higa, 2021; ALCIMED, 2023; Jat *et al.*, 2021; Javaid, 2010; Ray *et al.*, 2020), e podem ser obtidos através de produtos comerciais ou produzidos diretamente nas fazendas através da coleta de microrganismos em ambientes naturais (Casali, 2020).

Os EM ajudam a restaurar a biodiversidade microbiana essencial para processos como a decomposição da matéria orgânica e o controle de patógenos, que são fundamentais para a produtividade das culturas (Gil; Sanches; Osorio, 2013; Gomes *et al.*, 2021). Eles também podem ser usados para aumentar a eficiência dos remineralizadores de solo, já que os ácidos orgânicos produzidos pelo metabolismo dos microrganismos podem ajudar a liberar os nutrientes contidos nesses resíduos (Lopes-Assad *et al.*, 2006).

Algumas hipóteses sugerem que os remineralizadores de solo podem enriquecer o composto orgânico, formando um composto organomineral que pode substituir os fertilizantes químicos na cultura da aveia. Os EM podem auxiliar na liberação de nutrientes dos remineralizadores e estabelecer uma simbiose com as plantas, resultando em um melhor crescimento. Além disso, os microrganismos encontrados em ambientes naturais próximos ao

local de inoculação podem ter melhores resultados por já estarem adaptados ao clima e outras características ambientais locais.

O estudo em questão teve como objetivo principal investigar o efeito da aplicação de diferentes fontes de adubação orgânica, com ou sem inoculação de EM, na cultura da aveia em solo degradado. Também buscou verificar a capacidade do remineralizador de solo para enriquecer o composto orgânico e determinar se os EM produzidos artesanalmente podem substituir o produto comercial.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DEGRADAÇÃO DOS SOLOS

A degradação do solo é definida como uma mudança no estado de saúde do solo que resulta em uma diminuição da capacidade do solo em sustentar um ecossistema, levando em consideração não só a cobertura vegetal, mas também os atributos químicos do solo, como pH e saturação por bases (Novak *et al.*, 2021; Vezzani *et al.*, 2009).

A degradação do solo é causada por fatores humanos e naturais. Alguns exemplos de processos de degradação do solo são a exaustão de nutrientes e matéria orgânica, erosão do solo, acidificação, desertificação e poluição (Almeida, 2015; UNCCD, 2022; Vezzani *et al.*, 2009). A degradação do solo pode ser física (perda de estrutura, diminuição da permeabilidade), química (perda de nutrientes, acidificação, salinização) ou biológica (diminuição da matéria orgânica e da microbiota) (Almeida, 2015; Novak *et al.*, 2021; Vezzani *et al.*, 2009). Para evitar a degradação do solo, algumas medidas preventivas são necessárias, como o manejo adequado do solo, a preservação da vegetação natural, a adubação verde, a adubação orgânica, evitar o plantio em terrenos muito inclinados e instáveis, evitar o uso excessivo de adubação química, fazer o controle de focos de incêndio, e fazer a calagem do solo (TNC; EMBRAPA 2021).

Globalmente, cerca de 20% a 40% do solo do planeta está degradado. Isso afeta diretamente a humanidade e ameaça cerca de metade do Produto Mundial Bruto - PMB, que é dependente de recursos naturais (UNCCD, 2022). No Brasil e América Latina, cerca de 50% dos solos estão sofrendo algum tipo de degradação (FAO, 2015). A recuperação de solos degradados tem o potencial de aumentar significativamente a produção alimentícia. Segundo Oliveira e Corsi (2005), seria possível dobrar o rebanho da área de pastagem degradada apenas realizando os primeiros passos do processo de recuperação. Além disso, a recuperação de solos degradados pode melhorar a eficiência da agropecuária e contribuir para a conservação dos solos.

A recuperação de áreas degradadas é um processo vital para a conservação do meio ambiente e da biodiversidade, envolvendo a restauração dos ecossistemas para um estado saudável e funcional. Diversas técnicas são empregadas, adaptadas às características do local e das espécies presentes, incluindo reflorestamento, controle de erosão, gestão de recursos hídricos e técnicas biológicas como bioengenharia e micorrização (Moreira, 2020; Ortis *et al.*,

2012). A produção de biomassa é uma parte importante do processo de recuperação do solo devido ao incremento de matéria orgânica no solo e da diversidade biológica.

A manutenção da produtividade das áreas agrícolas contribuem para reduzir a emissão dos Gases de Efeito Estufa (GEE). Com esse processo, promove-se um acréscimo significativo na produção de biomassa, o que permite também aumento da capacidade de suporte dessas áreas, reduzindo a pressão pela abertura ou transformação de novas áreas nativas para a atividade agropecuária (TNC; EMBRAPA 2021). A recuperação de solos degradados pode desempenhar um papel essencial na mitigação das mudanças climáticas. Os solos, e por consequência a agricultura, podem contribuir para a redução de emissões de gases de efeito estufa através do sequestro de carbono (TNC; EMBRAPA 2021; Costa Junior *et al.*, 2017; Novak *et al.*, 2021; Vezzani *et al.*, 2009).

No Brasil, a criação de bovinos ocorre na maior parte em pastos, sendo caracterizado pela demanda de vastas áreas e um maior tempo para a produção. A pastagem representa aproximadamente 45% da área dos estabelecimentos agrícolas do país, onde 70% desse montante é correspondido por pastagem natural ou pastagem plantada em más condições (IBGE, 2017). Por este motivo, a pecuária brasileira não exige de muita demanda no que diz respeito ao preparo da área, em novas tecnologias, mão de obra qualificada e utilização intensiva de insumos, reduzindo drasticamente o custo de produção de carnes. Deste modo, as áreas marginais, onde a agropecuária se expande, conhecidas por “fronteiras agrícolas” na maioria das vezes são destinadas para a criação de gado, o que resulta no aumento da incidência de pastagens degradadas no Brasil e como consequência, na improdutividade da atividade (Dias-Filho, 2014). A pastagem degradada, de forma simples, é a pastagem que apresentou queda acentuada em sua capacidade produtiva (Dias-Filho, 2017), deixando de se apresentar como uma atividade eficiente e sustentável.

Mesmo com considerável queda nas áreas de pastagem em estado de degradação, as pastagens do Brasil ainda se encontram, em grande parte, nesta condição. Em 2020, 53% das áreas de pastagem brasileiras permaneciam degradadas (MAPBIOMAS, 2021). Uma pastagem chega ao estado de degradação devido ao manejo incorreto, adicionando na área uma grande quantidade de animais, cujo excesso não permite que o pasto se recupere do pastejo e pisoteio (FAO, 2009). As pastagens podem se tornar degradadas também devido à ausência de adubações e problemas bióticos, como ataque de pragas e doenças. A degradação das pastagens pode ser considerada “degradação agrícola”, quando ocorre um elevado acréscimo de plantas daninhas na área, reduzindo a capacidade de suporte, ou “degradação biológica”, quando o solo é degradado ao nível de não suportar a produção vegetal, resultando

em áreas descobertas e/ou substituição da vegetação forrageira por outras plantas menos exigentes em fertilidade (Dias-Filho, 2017).

A recuperação de pastagens degradadas se faz de extrema importância para a conservação dos solos, além de aumentar a eficiência da agropecuária. No Brasil, encontramos presente um grande percentual de áreas agrícolas ocupadas por pastagens em mau estado (MAPBIOMAS, 2021), fazendo com que sua capacidade produtiva seja reduzida de forma drástica. Segundo Oliveira e Corsi (2005), seria possível dobrar o rebanho da área de pastagem degradada apenas realizando os primeiros passos do processo de recuperação, ou então, ocupar todo o rebanho mantido em pastagens nesta condição em metade da área que ela representa, liberando a outra metade para outras atividades, como a agricultura, silvicultura ou então para a recuperação ambiental.

A recuperação dessas áreas nos proporciona uma melhor utilização destes espaços, reduzindo desta forma a necessidade de ampliar as áreas cultivadas através da devastação dos ecossistemas naturais que ainda se encontram preservados.

2.2 A CULTURA DA AVEIA

A aveia é o cereal que ocupa o sétimo lugar em área de cultivo e produção no mundo, representando 1,8% da área cultivada e 1,2% da produção mundial de cereais entre 2002 e 2011 (EMBRAPA, 2012). Seu cultivo ocorre em regiões de estação fria, especialmente em áreas entre 35° e 50° de latitude norte e 20° e 40° de latitude sul (Gutkoski; Pedó, 2000). Os maiores produtores mundiais são Rússia, Canadá, Estados Unidos, Austrália e Finlândia (EMBRAPA, 2012). No Brasil, a aveia é cultivada ao longo do outono e inverno, com uma área de 520,1 mil hectares e produção de 1.154,5 mil toneladas em 2024, com produtividade média de 2,2 toneladas por hectare. A aveia é cultivada principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo e Minas Gerais, que se destacou entre 2015 e 2020, com a evolução de 1.143,11% na quantidade de aveia branca produzida, saltando de 900 para 11.188 toneladas (Garagorry *et al.*, 2023).

A aveia é rica em fibras, antioxidantes, fenólicos, b-glucana, aminoácidos e carboidratos (Malanchen, 2019). As informações nutricionais de 100 gramas de aveia crua são: Umidade: 10,54%; Proteína: 15,01 gramas; Amido: 53,26 gramas; Açúcares totais: 1,13 gramas; Fibra alimentar total: 11,12 gramas; Lipídeos: 7,12 gramas; Cinzas: 1,82 gramas, representando 386,15 kcal de Energia Metabolizável (Pedó; Sgarbieri, 1997). A aveia é uma excelente alternativa para a alimentação animal em períodos de escassez de alimentos, como

ocorre no inverno (Floss, 1988). São múltiplas as possibilidades de uso da aveia: produção de grãos (alimentação humana e animal); forragem (pastejo, feno, silagem ou cortada e fornecida fresca no cocho); cobertura do solo, adubação verde e inibição de plantas invasoras pelo efeito alelopático (Sá, 1995).

A cultura da aveia é uma excelente alternativa para a recuperação de solos degradados. Ela tem sido utilizada pelos produtores de grãos da região Sul do Brasil como importante componente do sistema de rotação e sucessão de culturas, pois, sendo implantada durante o outono e o inverno, propicia melhorias ao sistema de cultivo tanto nas propriedades físicas como químicas do solo (Müller *et al.*, 2012). Segundo Floss (2002), os restos vegetais das gramíneas são fornecedoras de nutrientes, a médio e longo prazo, às culturas sucessoras, com acúmulo na camada superficial. Este processo favorece o aumento nos teores de fósforo (P) e potássio (K) do solo sob o sistema de plantio direto. Bortolini, Silva e Argenta (2000) e Calegari (2001) relataram que a aveia-preta é eficiente na reciclagem de nutrientes, apresenta baixa taxa de decomposição dos resíduos comparado às fabáceas, em função da alta relação C/N (> 30). Na aveia-preta, o N é o nutriente que tem maior efeito no crescimento e que, frequentemente, na ausência limita sua produção de massa verde (MELO *et al.*, 2011).

A adubação química é uma prática essencial para o cultivo de aveia tanto no Brasil quanto no mundo. No Brasil, a adubação de cobertura da aveia é geralmente realizada entre 25 e 30 dias após o plantio, utilizando 250 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio e 50 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio em cada aplicação, em solo recém-irrigado ou úmido (Martins *et al.*, 2021).

2.3 FERTILIZANTES QUÍMICOS

Os fertilizantes químicos desempenham um papel crucial na agricultura moderna, fornecendo nutrientes essenciais para o solo e contribuindo significativamente para a produtividade das culturas. No entanto, o uso excessivo desses produtos pode ter impactos ambientais significativos e criar uma dependência que pode ser problemática. Como o quarto maior consumidor global de fertilizantes, o Brasil é responsável por cerca de 8% do consumo mundial desses produtos (Oliveira; Malagolli; Cella, 2019). Esta dependência é ainda mais acentuada pelo fato de que se espera que o país responda por quase metade da produção mundial de alimentos nos próximos anos (CONAB, 2021; MAPA, 2022a).

Cerca de 70% dos fertilizantes utilizados no Brasil são importados (Oliveira; Malagolli; Cella, 2019). No ano de 2023, foram entregues no mercado cerca de 42 milhões de toneladas de fertilizantes, o que significa um aumento de 11,9% em relação ao ano de 2022,

que registrou a entrega de 37,7 milhões de toneladas (ANDA, 2024). Em 2021, os dados mostram o maior volume de fertilizantes já registrado pela série histórica, que teve início em 2011, com o volume de 45,9 milhões de toneladas de fertilizantes entregues (ANDA, 2022). Em 2020, a compra de fertilizantes totalizou 32.872.543 toneladas, um volume 11% superior ao registrado no ano de 2019 (ANDA, 2021).

Os principais países de onde o Brasil importa fertilizantes são a Rússia, a China e o Marrocos (Oliveira; Malagolli; Cella, 2019). Essa dependência de importações pode ter implicações significativas para a soberania agrícola do Brasil devido à volatilidade dos preços internacionais de fertilizantes, que é uma preocupação constante (Ogino; Vieira Filho, 2022). Em 2022, por exemplo, houve uma trajetória mista para os preços da ureia no mercado internacional, causada por eventos como a finalização da janela de aplicação de fertilizantes nos EUA e as repercussões da licitação de aquisição de ureia na Índia (Pernías, 2023).

As interrupções na cadeia de suprimentos também são um risco. A guerra entre Ucrânia e Rússia, grandes exportadores de fertilizantes, levou a uma escassez de fertilizantes no Brasil, afetando a produção agrícola e resultando em aumentos de preços dos alimentos (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2022; Tamarindo; Pires, 2022). Além disso, a dependência externa de fertilizantes começou a se tornar mais problemática no ano passado, devido às sanções ocidentais contra Belarus (ou Bielorrússia), país do qual o Brasil estava importando cerca de 19% do que aplicava na produção agrícola (Osaki, 2023).

Esses desafios destacam a necessidade de políticas que diminuam a dependência de fertilizantes importados. O Plano Nacional de Fertilizantes, apresentado recentemente pelo governo federal, prevê que a dependência de fertilizantes importados diminua para 50% em 2050 (MAPA, 2022b). No entanto, isso depende de todas as ações desse plano serem bem-sucedidas.

Além disso, o uso de fertilizantes químicos pode ter impactos ambientais significativos. A contaminação de rios, lagos e lençóis freáticos é uma preocupação particular, assim como a poluição do solo e do ar resultante da exploração mineral e da fabricação desses adubos. Os compostos químicos presentes nos fertilizantes, como nitratos e fosfatos, podem infiltrar-se no solo e atingir os lençóis freáticos, causando a contaminação das águas subterrâneas (Espescht; Pinto; Eleutério, 2021). Além disso, quando esses compostos são arrastados pela água da chuva, podem acabar em rios e lagos, alterando a composição química desses ecossistemas e potencialmente causando a morte de organismos aquáticos (Cirino *et al.*, 2021; Souza., 2018).

A poluição do solo é outro impacto ambiental importante dos fertilizantes químicos. O uso excessivo desses produtos pode levar à acidificação do solo, contaminação por metais pesados presentes na fórmula dos fertilizantes e até mesmo à inativação do solo para o uso futuro (Cirino *et al.*, 2021; Souza., 2018). Além disso, os fertilizantes podem causar a morte de microorganismos benéficos, diminuindo a biodiversidade do solo (Gil; Sánchez; Osorio, 2013).

A poluição do ar também é uma preocupação. Durante a fabricação e a aplicação de fertilizantes, podem ser liberados no ar compostos químicos que contribuem para a poluição atmosférica (Monteiro, 2023).

Esses impactos ambientais dos fertilizantes químicos são bem documentados em estudos científicos e relatórios oficiais. Portanto, é crucial que sejam implementadas práticas agrícolas mais sustentáveis e que sejam desenvolvidas alternativas aos fertilizantes químicos tradicionais. Além disso, é importante que os agricultores sejam educados sobre o uso adequado desses produtos para minimizar seus impactos ambientais. Nesse contexto, a busca por alternativas aos fertilizantes químicos é de suma importância.

Os remineralizadores, que são minerais naturais como algumas rochas silicáticas e fosfáticas, podem ser uma alternativa mais barata, sustentável e nacional aos produtos químicos (Toscani; Campos 2017), uma vez que se encontre alternativas para acelerar a liberação de seus nutrientes. Além disso, os bioinsumos, como os compostos orgânicos, representam outra alternativa aos fertilizantes para fornecer nutrientes ao solo (Oliveira; Lima; Cajazeira, 2004).

A busca por alternativas sustentáveis pode não apenas reduzir esses impactos, mas também contribuir para a soberania agrícola do Brasil. A transição para uma agricultura mais sustentável e menos dependente de importações é um desafio, mas também uma oportunidade para o Brasil reforçar a sua posição como líder global na produção de alimentos.

2.4 REMINERALIZADORES DE SOLO

A remineralização do solo, ou simplesmente “rochagem”, consiste na utilização do pó remanescente das atividades de pedreiras de mineração de rochas como fornecedor de nutrientes para as plantas (Toscani; Campos 2017). Além de liberar para o solo os macro e micronutrientes contidos, este resíduo pode agir também no reequilíbrio do pH do solo, fazendo com que aumente a Capacidade de Trocas Catiônicas, e conseqüentemente, a sua reserva nutricional (Welter *et al.*, 2011). Alguns produtos utilizados para a rochagem já são

bastante difundidos no meio agrícola, sendo a fosfatagem natural e a calagem os dois principais exemplos (Luz *et al.*, 2010). O intuito desta técnica é devolver principalmente para solos bastantes intemperizados, como é o caso dos solos brasileiros os minerais contidos na rocha, rejuvenescendo o solo onde o remineralizador foi aplicado.

A utilização deste resíduo se distingue da utilização de fertilizantes solúveis pela diversidade de nutrientes contidos no interior da rocha e principalmente sua liberação, que acontece de forma bastante lenta (Medeiros, 2017). Os fertilizantes sintéticos são altamente solúveis, tendo seus nutrientes liberados quase de forma imediata quando aplicados ao solo, fazendo com que o remanescente, que não foi absorvido pelas plantas, se perca por lixiviação, volatilização e fixação. Enquanto os fertilizantes solúveis são liberados e absorvidos quase que de forma imediata pelas plantas, o pó de rocha tem a sua liberação de forma mais lenta, além de apresentar uma maior variedade de nutrientes em sua composição (Medeiros, 2017). Por serem liberados de forma mais gradual, os nutrientes ofertados são disponibilizados por mais tempo, apresentando a vantagem de serem utilizados em menor quantidade no decorrer dos ciclos (Rebouças Neto *et al.*, 2016).

Uma grande vantagem da utilização de pó de rocha é a sua capacidade de beneficiar a colonização e desenvolvimento dos fungos micorrízicos, que auxiliam os vegetais na absorção dos nutrientes contidos no solo (Edward, 2016). Outra vantagem é a excelente geodiversidade presente em todo o território brasileiro, apresentando diferentes tipos de rochas com as mais diversas características, podendo oferecer os mais variados efeitos e nutrientes. Esta técnica também se apresenta superior no que se diz aos aspectos social e ambiental, uma vez que pela liberação lenta evita-se a contaminação das águas continentais e como consequência a eutrofização de corpos d'água. Outro aspecto ambiental positivo é o reaproveitamento de um material tido como rejeito, eliminando possíveis passivos ambientais e reduzindo a necessidade de importação dos fertilizantes solúveis (Brito, 2019).

Atualmente, 22 remineralizadores, gerados a partir da exploração de 15 tipos diferentes de rocha, se encontram devidamente registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, conforme a portaria 52/2021 (MAPA, 2021). Deste total, 3 encontram-se na região nordeste, 7 no Centro-Oeste, 1 na região norte, 6 na região sul e 12 na região sudeste, sendo 7 deles em Minas Gerais e 5 no estado de São Paulo. Podemos encontrar na região sudeste remineralizadores provenientes de rochas como o Anfibólio, Serpentinó, Fonolito, Dunito e Basalto (INSTITUTO BRASIL ORGÂNICO, 2023).

Além de seus efeitos como fertilizante, alguns remineralizadores de solo apresentam também a capacidade de sequestro de carbono, podendo a remineralização servir como

ferramenta para desacelerar o avanço das mudanças climáticas. Isto acontece porque o intemperismo de rochas silicáticas libera bicarbonato, cátions e ácido monossilícico [$(\text{H}_4\text{SiO}_4$ ou $\text{Si}(\text{OH})_4$]. Dependendo da mineralogia da rocha silicática os cátions liberados são Ca^{2+} , Mg^{2+} e Fe^{2+} , podendo precipitar junto com o bicarbonato, formando calcita (CaCO_3), Magnesita (MgCO_3) e siderita (FeCO_3), fixando o CO_2 no solo pela carbonatação (Carneiro *et al.*, 2013).

Recentemente, uma pesquisa realizada com um remineralizador proveniente da rocha wollastonita, demonstrou o aumento do sequestro de CO_2 no solo, sendo ainda maior junto com feijão e milho (Haque; Santos; Chiang, 2019). Isto ocorre devido a reação de dissolução do mineral silicato de cálcio (CaSiO_3) em água e dióxido de carbono, seguida pela formação de bicarbonato de cálcio ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) e sílica (SiO_4) no solo (Lefebvre *et al.*, 2019).

O silicato de cálcio (CaSiO_3) reage com dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O), produzindo íons cálcio (Ca^{2+}), íons bicarbonato (HCO_3^-) e ácido silícico (H_4SiO_4). Em seguida, no solo, os íons bicarbonato (HCO_3^-) e cálcio (Ca^{2+}) reagem para formar carbonato de cálcio (CaCO_3), liberando dióxido de carbono (CO_2), água (H_2O) e ácido silícico (H_4SiO_4) (Lefebvre *et al.*, 2019).

O fator que representa a principal vantagem da utilização dos remineralizadores de solo, sua baixa solubilidade, é também um fator que pode representar desvantagem na utilização, pois alguns materiais podem levar anos para disponibilizar os nutrientes contidos em seu interior. Existem alguns estudos a fim de buscar formas de aumentar a solubilização de vários tipos de pós de rocha, dentre estes estudos, muitos citam a inoculação de microrganismos no solo, a fim de acelerar a liberação dos minerais contidos por meio dos compostos liberados no solo através de sua atividade (Brandão; Lopes-Assad; Ceccato-Antonini, 2014; Lopes-Assad *et al.*, 2006; Lopes; Costa; Lopes-Assad, 2013).

Outra forma de acelerar o intemperismo dos remineralizadores seria adicioná-los ao processo de compostagem. Frequentemente, rochas silicáticas trituradas são combinadas com compostos orgânicos, e a liberação de nutrientes pode ser acelerada por meio de mecanismos controlados físico-biológicos (Rocha, 2006; Theodoro *et al.*, 2012). Os micro-organismos presentes no composto aceleram a decomposição dos compostos químicos presentes, especialmente nos argilominerais, através dos ácidos húmicos, liberando assim uma maior porcentagem de nutrientes para as plantas. Portanto, fertilizantes de origem geológica local podem ser empregados em conjunto com práticas biológicas (Chesworth; Van Straaten; Semoka, 1989; Pinheiro, 2018; Tavares, 2017).

2.5 COMPOSTO ORGÂNICO

A compostagem é uma alternativa sustentável e eficaz para substituir os fertilizantes químicos. Ela utiliza resíduos orgânicos, que são transformados em nutrientes para o solo através de um processo natural de decomposição (Ferreira; Borba; Wizniewsky, 2012). No Brasil, os principais resíduos produzidos incluem esterco bovino e resíduos de poda (Iguchi, 2008; Loureiro *et al.* 2007).

O esterco bovino é amplamente reconhecido como um recurso valioso para a compostagem, devido ao seu alto teor de nutrientes e matéria orgânica (Loureiro *et al.* 2007). Este resíduo é rico em nitrogênio, fósforo e potássio, elementos essenciais para o crescimento das plantas (Sampaio; de Oliveira; do Nascimento, 2008). Além disso, a matéria orgânica presente no esterco bovino melhora a estrutura do solo, aumentando sua capacidade de reter água e nutrientes (Silva, 2018).

O rebanho bovino brasileiro atingiu um recorde de 234,4 milhões de cabeças em 2022, um aumento de 4,3% em relação ao ano anterior (IBGE, 2022). Minas Gerais é o maior produtor de leite do país, representando 27% da produção nacional (EMBRAPA, 2022).

Em Minas Gerais, onde se concentra um dos maiores rebanhos do país, a quantidade de esterco bovino produzido é substancial, embora os dados exatos sejam difíceis de obter. De acordo com o último censo agropecuário, em 2017 haviam 19,6 milhões de cabeças de gado no estado, onde 8,7 milhões cabeças são representantes da pecuária leiteira (IBGE, 2017).

A utilização deste resíduo na compostagem não só contribui para a gestão sustentável dos resíduos animais, mas também oferece uma alternativa viável aos fertilizantes químicos, com benefícios significativos para a saúde do solo e a produtividade das culturas (Iguchi, 2008; Loureiro *et al.* 2007). De acordo com Santos e Nogueira (2012), a produção diária de esterco por cabeça de gado é estimada com base no peso vivo de cada animal. Os autores consideram o peso médio dos animais de 300 Kg, que multiplicado pelo valor de 0,07 kg, correspondente ao valor médio de produção de esterco, representando a produção média de aproximadamente 21 Kg de esterco produzido por animal a cada dia, o que resulta na produção de aproximadamente 411,6 toneladas de esterco por dia, apenas no estado de Minas Gerais.

Os resíduos resultantes das podas agrícolas, frequentemente descartados como lixo, são na verdade uma fonte rica e valiosa de carbono, um elemento essencial para o processo de compostagem. A compostagem destes resíduos se configura como uma técnica ecologicamente e financeiramente viável, que resulta em um produto humificado e rico em

nutrientes (Paixão; Silva; Teixeira, 2012). Estes resíduos podem ainda ser carbonizados antes da compostagem para facilitar a liberação dos nutrientes ali contidos.

A utilização de remineralizadores de solo na compostagem é uma prática que vem ganhando destaque na agricultura sustentável (Chesworth; Van Straaten; Semoka, 1989; Pinheiro, 2018; Tavares, 2017). A pesquisa brasileira tem avançado no uso de remineralizadores, com estudos mostrando que eles podem aumentar a produtividade, especialmente em solos mais ácidos, além de aumentar a biomassa do solo e o sequestro de carbono inorgânico (Lefebvre *et al.*, 2019).

Quando os remineralizadores, que são materiais de origem mineral, são adicionados ao composto durante este processo, a atividade microbiana pode aumentar a taxa de intemperismo dos remineralizadores, resultando na liberação gradual de seus nutrientes (Chesworth; Van Straaten; Semoka, 1989; Pinheiro, 2018; Tavares, 2017). A compostagem pode criar um ambiente favorável para a atividade microbiana, o que pode acelerar o intemperismo dos remineralizadores e, portanto, a liberação de seus nutrientes. Além disso, a natureza ácida do composto pode promover a dissolução dos remineralizadores, facilitando ainda mais a liberação de nutrientes (Tavares, 2017).

Reutilizar os resíduos orgânicos do país através da compostagem pode resultar em economia significativa de fertilizantes químicos. Isso não apenas reduziria os custos de produção agrícola, mas também contribuiria para a sustentabilidade ambiental, reduzindo a dependência de fertilizantes químicos e minimizando a poluição do solo e da água.

2.6 MICRORGANISMOS EFICIENTES (EM)

Nos ecossistemas naturais, existem uma grande quantidade de microrganismos responsáveis por desempenhar inúmeras funções para um correto funcionamento ecológico, como por exemplo a decomposição e a remineralização da matéria orgânica, a fixação biológica de nutrientes essenciais para as plantas, entre várias outras funções (Casali, 2020). Esses microrganismos podem apresentar o comportamento de vida livre, como podem também se associarem às plantas, estabelecendo uma relação de simbiose, onde os dois organismos vivem juntos e em harmonia, desempenhando ações benéficas uns aos outros (Anriquez *et al.*, 2018; Ramos *et al.*, 2009).

Devido à intensa excreção radicular, somado com o clima tropical, nos solos brasileiros, encontramos uma elevada variedade de microrganismos. “A base da produtividade tropical é a reciclagem rápida da matéria orgânica do solo e a intensa relação: planta –

excreções radiculares – microrganismos – nutrientes” (Casali, 2020), uma vez que a planta fornecerá exsudados para o desenvolvimento microbiano, que atuará na mobilização dos nutrientes necessários para o crescimento vegetal, além da produção de moléculas benéficas para as plantas, como vitaminas e reguladores de crescimento (Vejan *et al.*, 2016).

Com a alteração dos ambientes naturais para atender às necessidades humanas, estes microrganismos são profundamente afetados, já que estarão sendo expostos a uma série de modificações, como por exemplo a variação do pH, acréscimo de sais, deposição de moléculas químicas (Gil; Sánchez; Osório, 2013), como os fungicidas por exemplo e principalmente a instalação das monoculturas.

Devolver a biodiversidade microbiológica para os ambientes agrícolas é fundamental para restaurar o equilíbrio natural do ecossistema, devolvendo pro ambiente os processos ecológicos responsáveis por manter o equilíbrio das interações entre os seres vivos ali presentes, reduzindo a necessidade da utilização de insumos, devido a uma maior disponibilização dos nutrientes presentes na matéria orgânica do solo, além da redução da ocorrência de pragas e doenças devido à maior dinamicidade proveniente da diversidade microbiológica encontrada (Vejan *et al.*, 2016).

Os EM são bactérias, actinomicetos, fungos e leveduras encontrados em solos pouco perturbados (Casali, 2020). Eles ajudam na decomposição da matéria orgânica e na estruturação do solo, influenciam o equilíbrio de patógenos, atuam na mobilização dos nutrientes necessários para o crescimento vegetal, além de produzir moléculas benéficas para as plantas, como vitaminas e reguladores de crescimento (Vejan *et al.*, 2016). O Dr. Teruo Higa, da Universidade de Ryukyus, começou a estudar os EM na década de 1970, obtendo resultados promissores em 1982 (Casali, 2020). Este mesmo autor relata a utilização dos EM em 60 países ao redor do mundo (Higa, 2021).

Dentre os diversos EM existentes podemos citar as bactérias produtoras de ácido láctico, que controlam patógenos como o *Fusarium* (Gomes *et al.*, 2021), leveduras que sintetizam vitaminas e ativam outros EM (Sousa, 2019), actinomicetos que aumentam a resistência das plantas (Sousa; Pontes; Melo, 2020), e bactérias fotossintéticas que aumentam as populações de outros EM (Gomes *et al.*; 2021).

Alguns autores sugerem que os agricultores capturem e multipliquem os EM em suas propriedades, utilizando iscas que serão dispostas por determinado tempo sob a serapilheira de ambientes naturais. Estas iscas são preparadas com arroz cozido, substrato utilizado para o crescimento microbiano. Posteriormente, o arroz cozido já colonizado pelos EM será

transpassado para um recipiente onde passará por um processo de fermentação em solução açucarada para a multiplicação dos EM (Casali, 2020; Leite; Meira, 2021).

A utilização dos EM é uma alternativa interessante para a devolução da biodiversidade aos ambientes agrícolas, capturando os microrganismos adaptados para as condições da região onde pretende-se aplicá-los, já que as armadilhas são instaladas em matas nativas que não sofreram tanta interferência humana, localizadas próximas ao local de aplicação (Casali, 2020).

A captura destes microrganismos em áreas de bambuzal pode se mostrar eficiente para a aplicação em pastagens uma vez que tanto as plantas de bambu, quanto a maioria das forrageiras utilizadas são pertencentes à mesma família botânica: Poaceae. As plantas de bambu também apresentam uma grande diversidade de microrganismos endofíticos, sendo relatado o isolamento de 289 bactérias provenientes das folhas e dos ramos coletadas nas plantas de *Guadua weberbaueri* e *Guadua chaparensis* (Vale *et al.*, 2019).

Além da atuação direta dos microrganismos na decomposição da matéria orgânica, temos também os benefícios ofertados devido às moléculas químicas liberadas. A atividade destes microrganismos, resulta na excreção de moléculas bioativas que podem auxiliar na liberação dos nutrientes contidos no pó de rocha devido à acidificação ocasionada ao meio (Lopes-Assad *et al.*, 2006). Estes microrganismos podem atuar também na decomposição da matéria orgânica do composto, além de fornecer moléculas favoráveis para as plantas (Casali, 2020), inclusive para as plantas de aveia.

REFERÊNCIAS

- ALCIMED. **Microrganismos na agricultura**: uma oportunidade de desenvolvimento agrícola para a agricultura orgânica e convencional. Paris: ALCIMED, 2023. Disponível em: <https://www.alcimed.com/en/insights/microorganisms-agriculture/>. Acesso em: 22 mar. 2024.
- ALMEIDA, R. R. P. *et al.* Proposta de recuperação de uma área de empréstimo degradada pela atividade de olaria no município de Pombal - PB. **Informativo Técnico do Semiárido**, Pombal, v. 9, n. 1, p. 19-22, 2015.
- ANRIQUEZ, A. L. *et al.* Impacto de los sistemas silvopastoriles en los microorganismos relacionados al ciclo del N. **Ciencia del suelo**, Buenos Aires, v. 36, n. 2, p. 117–128, 2018.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Principais indicadores do setor de fertilizantes**. São Paulo: ANDA, 2021. Disponível em: https://anda.org.br/wp-content/uploads/2022/03/Principais_Indicadores_2021.pdf. Acesso em: 14 fev. 2024.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Principais indicadores do setor de fertilizantes**. São Paulo: ANDA, 2022. Disponível em: https://anda.org.br/wp-content/uploads/2022/03/Principais_Indicadores_2021.pdf. Acesso em: 14 fev. 2024.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Principais indicadores do setor de fertilizantes**. São Paulo: ANDA, 2024. Disponível em: https://anda.org.br/wp-content/uploads/2024/02/Principais_Indicadores_2023.pdf. Acesso em: 14 fev. 2024.
- BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Efeito de resíduos de plantas jovens de aveia preta em cobertura de solo no crescimento inicial do milho. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 83-88, 2000.
- BRANDÃO, J. A. V.; LOPES-ASSAD, M. L. R. C.; CECCATO-ANTONINI, S. R. Solubilization of diabase and phonolite dust by filamentous fungus. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 5, p. 740–745, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201461050018>. Acesso em: 11 jul. 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estatísticas do setor**. Brasília: MAPA, 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/plano-nacional-de-fertilizantes/estatisticas-do-setor>. Acesso em: 14 fev. 2024.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano nacional de fertilizantes**. Brasília: MAPA 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/plano-nacional-de-fertilizantes>. Acesso em: 14 fev. 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Portaria MAPA n.º 52, de 15 de março de 2021.** Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção e as listas de substâncias e práticas para o uso nos Sistemas Orgânicos de Produção. Brasília: MAPA, 2021.

BRITO, R. S. de. **Pó de Rocha como fonte de adubação complementar na cultura do milho.** 2019. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Inovação Tecnológica) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2019.

CALEGARI, A. Rotação de culturas e plantas de cobertura como sustentáculo do sistema de plantio direto. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18., Londrina, 2001. **Anais** [...]. Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2001. p. 241.

CARNEIRO, P. *et al.* Carbonatação do basalto e seu potencial uso no armazenamento de CO₂. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 43-49, 2013.

CASALI, V. W. D. **Caderno dos microrganismos eficientes (E.M.).** 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2020. 31p.

CHESWORTH, W.; VAN STRAATEN, P.; SEMOKA, J. M. R. Agrogeology in east Africa: the Tanzania-Canada project. **Journal of African Earth Sciences**, Londres, v. 9, n. 2, p. 357-362, dez.1989.

CIRINO, E. *et al.* **O uso de fertilizantes e seus impactos ambientais.** 2021. 13 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Química) - Etec Benedito Storani, Jundiaí, 2021. Disponível em: https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/6770/1/tecnicoemqu%C3%ADmica_2021_2_ednaldocirino_ousodefertilizanteseseusimpactosambientais.pdf. Acesso em: 15 fev. 2024.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (BRASIL). **Acompanhamento da safra brasileira: safra 2023/2024, primeiro levantamento.** Brasília: CONAB, 2023. 118 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 06 nov. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (BRASIL). **Brasil bate recorde de importação de fertilizantes nos cinco primeiros meses de 2021.** Brasília: CONAB, 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4113-brasil-bate-recorde-de-importacao-de-fertilizantes-nos-cinco-primeiros-meses-de-2021>. Acesso em: 14 fev. 2024.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (BRASIL). **Guerra Rússia-Ucrânia: o panorama do abastecimento de fertilizantes.** Brasília: CNA, 2022. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/noticias/guerra-russia-ucrania-o-panorama-do-abastecimento-de-fertilizantes>. Acesso em: 14 fev. 2024.

COSTA JUNIOR, C. *et al.* **A agropecuária é o segundo maior emissor global de gases do efeito estufa, atrás apenas do setor de energia.** São Paulo: WWF-BRASIL, 2017.

Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?60242/Sequestro-bom--sequestro-de-carbono>. Acesso em: 14 fev. 2024.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens:** o que é e como evitar. 1. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2017. 24p.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil.** 1. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 38 p. Disponível em: www.cpatu.embrapa.br/publicacoes_online. Acesso em: 05 jul. 2022.

EDWARD, W. O. O. **Influência do uso de pó de rochas fosfáticas e basálticas na ocorrência de micorrizas arbusculares em solo de cerrado.** 2016. 45 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016.

EMBRAPA (BRASIL). **Anuário leite 2022.** Brasília: EMBRAPA, 2022. 59 p. Disponível em: <file:///C:/Users/natha/Downloads/Anuario-leite-2022.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2024.

EMBRAPA (BRASIL). **A aveia no mundo.** Brasília: EMBRAPA, 2012. Documentos online 136. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do136_2.htm. Acesso em: 14 fev. 2024.

ESPESCHIT, G. T. M.; PINTO, M. G.; ELEUTÉRIO, J. C. Análise preliminar da vulnerabilidade à contaminação por nitrato das águas subterrâneas da bacia de vargem das flores, minas gerais. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS*, 20., 2021, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2021. p. 1-4. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29318>. Acesso em: 14 fev. 2024.

FERREIRA, A. G.; BORBA, S. N. de S.; WIZNIEWSKY, J. G. A prática da compostagem para a adubação orgânica pelos agricultores familiares de santa rosa/rs. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO AMBIENTAL E ECOLOGIA POLÍTICA*, 1., 2012, Santa Maria. **Anais [...]**. Santa Maria: Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM, 2013. p. 307-317. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/revistadireito/issue/view/448>. Acesso em: 15 fev. 2024.

FLOSS, E. L. Aveia, um sustentáculo do sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto & Tecnologia Agrícola**, Passo Fundo, v. 72, n. 69, p. 14-18, 2002.

FLOSS, E. L. Manejo forrageiro de aveia (*Avena* sp) e azevém (*Lolium* sp). *In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM*, 9., Piracicaba, 1988. **Anais[...]** Piracicaba: FEALQ, 1988. p. 231-268.

GARAGORRY, F. L. *et al.* **Distribuição territorial e dinâmica da produção de aveia-branca, cevada, triticale e centeio no Brasil, no período de 2005 a 2020.** Passo Fundo: Embrapa, 2023. 54 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1153849/1/BPD-108-online.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2024.

GIL, J. G. R.; SÁNCHEZ, A. C.; OSORIO, J. G. M. Dinâmica microbiana do solo associada a diferentes estratégias de manejo de *Phytophthora cinnamomi* Rands em aguacate. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 6, p. 811–819, 2013.

GOMES, J. P. A. *et al.* Uso de microrganismos eficientes como alternativa para agricultura sustentável: um referencial teórico. *In*: SOUZA, C. da S.; LIMA, F. de S.; SABIONI, S. C. **Agroecologia: métodos e técnicas para uma agricultura sustentável**. 5. ed. Guarujá: Científica Digital LTDA, 2021. v. 5, cap. 29, p. 340–355.

GUTKOSKI, L. C.; PEDÓ, I. **Aveia**: composição química, valor nutricional e processamento. São Paulo: Varela, 2000. 191 p.

HAQUE, F.; SANTOS, R. M.; CHIANG, Y. W. CO₂ sequestration by wollastonite-amended agricultural soils—An Ontario field study. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, Oxford, v. 97, p. 103017, 2020.

HIGA, T. **Effective microorganisms**: concept and recent advances in technology. Concept and recent advances in Technology. Okinawa: College of Agriculture University of the Ryukyus, 2021. Disponível em: <https://www.infric.or.jp/wxp/wp-content/uploads/KNFC/KNFC4/KNFC4-10-2-Higa.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2024.

IGUCHI, C. Y. **Considerações gerais sobre a aplicação de esterco no processo de compostagem dos resíduos de poda e capina**. 2008. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2008.

INSTITUTO BRASIL ORGÂNICO. **Portaria 52 de 2021 do Ministério da Agricultura**. Brasília: IBO, 2021, Disponível em: <https://institutobrasilorganico.org/>. Acesso em: 09 dez. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pecuaria.html?localidade=31&tema=0. Acesso em: 15 fev. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa da pecuária municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>. Acesso em: 15 fev. 2024.

JAT, S. L. *et al.* Microbiome for sustainable agriculture: a review with special reference to the corn production system. **Archives of Microbiology**, v. 203, n. 6, p. 2771-2793, 2021.

JAVOID, A. Beneficial microorganisms for sustainable agriculture. **Genetic Engineering, Biofertilisation, Soil Quality and Organic Farming**, p. 347-369, 2010.

LEFEBVRE, D. *et al.* Assessing the potential of soil carbonation and enhanced weathering through Life Cycle Assessment: A case study for Sao Paulo state, Brazil. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 233, p. 468-481, 2019.

LOPES-ASSAD, M. L. *et al.* Solubilização de pó-de-rocha por *Aspergillus niger*. **Revista Espaço e Geografia**, Brasília, v. 9, n. 1, p. 1–17, 2006.

LOPES, O. M. M.; COSTA, L. G.; LOPES-ASSAD, M. L. Solubilização de pó de basalto por meio de vinhaça: variação de pH e nutrientes disponíveis. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 2, p. 175–188, 2013.

LOUREIRO, D. C. *et al.* Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1043-1048, 2007.

LUZ, A. B. *et al.* Rochas, minerais e rotas tecnológicas para a produção de fertilizantes alternativos. *In*: FERNANDES, F. R. C.; da LUZ, A. B.; CASTILHOS, Z. C. **Agrominerais para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. Cap.4, p.61-88.

MALANCHEN, B. E. *et al.* Composição e propriedades fisiológicas e funcionais da aveia. **Fag Journal of Health**, Cascavel, v. 1, n. 2, p. 185-200, 2019.

MAPBIOMAS. **Pastagens brasileiras ocupam área equivalente a todo o estado do Amazonas**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org/pastagens-brasileiras-ocupam-area-equivalente-a-todo-o-estado-do-amazonas>. Acesso em: 6 jul. 2022.

MARTINS, C. E. *et al.* **Uso da aveia sob cortes**. Brasília: EMBRAPA, 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de_leite/producao/sistemas-de-producao/alimentacao/aveia-e-azevem/uso-da-aveia-sob-cortes. Acesso em: 14 fev. 2024.

MEDEIROS, F. de P. **Uso dos remineralizadores associado a policultivos para produção da palma forrageira no semiárido baiano**. 2017. 110 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural) - Universidade de Brasília, Planaltina, DF, 2017.

MELO, A. V. de. *et al.* Extração de nutrientes e produção de biomassa de aveia-preta cultivada em solo submetido a dezoito anos de adubação orgânica e mineral. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 411-420, abr. 2011. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/17993>. Acesso em: 13 fev. 2024.

MONTEIRO, M. B. **Poluição atmosférica na indústria de fertilizantes: identificação das fontes e tecnologias de controle**. 2023. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/20171/1/MBMonteiro.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2024.

MOREIRA, I. J. R. **Técnicas de recuperação de áreas degradadas com a utilização de plantio de mudas e semeadura direta utilizando leguminosas nativas do cerrado**. 2020. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2020. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/27976/1/2020_IsabellaJanesRorizMoreira_tcc.pdf. Acesso em: 13 fev. 2024.

MÜLLER, M. *et al.* Relações nos caracteres de interesse agrônômico em aveia buscando a seleção simultânea em caracteres com finalidade forrageira e de cobertura de solo. *In*: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 21., 2012, Pelotas. **Anais** [...]. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2012. p. 1-4. Disponível em: https://www2.ufpel.edu.br/cic/2012/anais/pdf/CA/CA_01120.pdf. Acesso em: 15 fev. 2024.

NOVAK, E. *et al.* Composição química do solo em diferentes condições ambientais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 1063-1085, 06 set. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/dDLtG9SCvbf9wq4C3M9q8QC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 13 fev. 2024.

OGINO, C. M.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Preços de fertilizantes impactando a produção agrícola brasileira**. *In*: INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (BRASIL). Boletim Regional, Urbano e Ambiental. Rio de Janeiro: IPEA, 2022. p. 151-154. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11620/13/BRUA_27_Precos_Fertilizantes.pdf. Acesso em: 14 fev. 2024.

OLIVEIRA, F. N. S.; LIMA, H. J. M.; CAJAZEIRA, J. P. **Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos**. Fortaleza: Embrapa, 2004. 17 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/418734/1/Dc089.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2024.

OLIVEIRA, M. P.; MALAGOLLI, G. A.; CELLA, D. Mercado de fertilizantes: dependência de importações do Brasil. **Revista Interface Tecnológica**, Maringá, v. 16, n. 1, p. 489-498, 2019. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/606>. Acesso em: 14 fev. 2024.]

OLIVEIRA, P. P. A.; CORSI, M. Recuperação de pastagens degradadas para sistemas intensivos de produção de bovinos. **Circular Técnica-Embrapa**, São Carlos, v. 38, n. 1, p. 1-23, 2005. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPPE/15659/1/Circular38.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Status of the world's soil resources**. Rome: Fao, 2015. 650 p. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i5199e/I5199E.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **The state of food and agriculture**. Rome: FAO, 2009. Disponível em: <http://www.fao.org/catalog/inter-e.htm>. Acesso em: 6 jul. 2022. 180 p.

ORTIS, R. da S. *et al.* Gestão Ambiental e a Recuperação de Áreas Degradadas. *In*: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 9., 2012, Resende - Rj. **Anais** [...]. Resende: Associação Educacional Dom Bosco, 2012. p. 1-8. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/20216149.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2024.

OSAKI, M. **Com forte dependência do mercado externo, setor nacional de fertilizantes enfrenta desafios**. Piracicaba: CEPEA, 2023. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniao-cepea/com-forte-dependencia-do-mercado-externo-setor-nacional-de-fertilizantes-enfrenta-desafios.aspx>. Acesso em: 14 fev. 2024.

PACHECO, M. T. *et al.* Importância da cultura da aveia. *In*: DANIELOWSKI, R. *et al.* **Informações técnicas para a cultura da aveia**. Três de Maio: Sociedade Educacional Três de Maio, 2021. p. 12-28. Disponível em: https://setrem.edu.br/wp-content/uploads/2021/11/INFORMACOES_TECNICAS_PARA_A_CULTURA_DA_AVEIA_SETREM_XL_RCBPA_2021-10-11-2021_compressed.pdf. Acesso em: 22 mar. 2024.

PAIXÃO, R. M.; SILVA, L. H. B. R. da.; TEIXEIRA, T. M. Análise da viabilidade da compostagem de poda de árvore no campus do Centro Universitário de Maringá – CESUMAR. *In*: MOSTRA INTERNA DE TRABALHOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2012, Maringá. **Anais** [...]. Maringá: Cesumar, 2012. p. 1-14. Disponível em: https://www.unicesumar.edu.br/mostra-2012/wp-content/uploads/sites/93/2016/07/rebecca_manesco_paixao_1.pdf. Acesso em: 15 fev. 2024.

PEDÓ, I.; SGARBIERI, V. C. Caracterização química de cultivares de aveia (*Avena sativa* L). **Food Science and Technology**, California, v. 17, p. 78-83, 1997.

PERNÍAS, T. **Relatório mensal: mercado de fertilizantes**. Campinas: StoneX, 2023. Disponível em: <https://mercadosagricolas.com.br/fertilizantes/mensal-fertilizantes/>. Acesso em: 14 fev. 2024.

PINHEIRO, S. **Agroecologia 7.0**. Porto Alegre: Jiquira Candiru Satyagraha, 2018. 663p.

RAMOS, A. C. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi induce differential activation of the plasma membrane and vacuolar H⁺ pumps in maize roots. **Mycorrhiza**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 69–80, 2009.

RAY, P. *et al.* Microbe to microbiome: a paradigm shift in the application of microorganisms for sustainable agriculture. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 11, p. 622926, 2020.

REBOUÇAS NETO, M. O. *et al.* Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino. **Cadernos Cajuína**, Teresina, v. 1, n. 3, p.4 – 14, 2016.

ROCHA, E. J. P. L. **Agroflorestas sucessionais no assentamento Fruto D’anta/MG: potenciais e limitações para a transição agroecológica**. 2006. 168f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

SÁ, J.P.G. **Utilização da aveia na alimentação animal**. Londrina: IAPAR, 1995. 20p. (Circular, 87).

SAMPAIO, E. V. de S. B.; DE OLIVEIRA, N. M. B.; DO NASCIMENTO, P. R. F. Eficiência da adubação orgânica com esterco bovino e com *Egeria* densa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 995-1002, 2007.

SANTOS, I. A. dos; NOGUEIRA, L. A. H. Estudo energético do esterco bovino: seu valor de substituição e impacto da biodigestão anaeróbia. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 4, n. 1, p. 41-49, abr. 2012.

SILVA, M. S. da. **Efeitos de esterco bovino em atributos químicos e físicos do solo, produtividade de milho e créditos de nitrogênio**. 2018. 88 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2018.

Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/b484fe9a-9a30-4ee0-9a17-78dca2156d0d/content>. Acesso em: 15 fev. 2024.

SOUZA, A. MORASSUTI, C. DEUS, W. Poluição do ambiente por metais pesados e utilizados de vegetais como Bioindicadores. **Acta Biomedica Brasiliensia**.

Uberlândia, v. 9, n.3, p. 1-13. 2018. Disponível em:

<<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6789234.pdf>>. Acesso em: 08 ago 2021

SOUSA, W. dos S. *et al.* Análise visual comparativa entre metodologias para captura de microrganismos eficientes (EM's). **Revista de Biotecnologia & Ciência**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 9–16, 2019.

SOUZA, W. dos S.; PONTES, J. R. V.; MELO, O. F. P. Microrganismos eficientes no cultivo de alface. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 12, n. 2, p. 117–125, 2020.

TAMARINDO, U. G. F.; PIRES, M. C. **A guerra entre Rússia e Ucrânia e a crise dos fertilizantes no agronegócio brasileiro**. Marília: Unesp, 2022. 26 p. Disponível em:

<https://www.marilia.unesp.br/Home/Eventos/2022/ubirajara-garcia-ferreira-tamarindo.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2024.

TAVARES, L. de F. **Disponibilização de potássio e silício de remineralizador pelo processo de compostagem**. 2017. 66 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, 2017. Disponível em:

<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/14027/4/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2024.

THE NATURE CONSERVANCY. EMBRAPA (Brasil). **Recuperação de solos degradados no cerrado: alternativas para produção sustentável**. Brasília: Embrapa, 2021. 32 p.

Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/229207/1/2021-cpamt-caz-guia-recuperacao-solo-degradado-cerrado-alternativa-producao-sustentavel.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2024.

THEODORO, S. H.; *et al.* A Importância de uma Rede Tecnológica de Rochagem para a Sustentabilidade em Países Tropicais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 5, n.6, p. 1390-1407, 2012.

TOSCANI, R. D. S; CAMPOS, J.E.G. Uso de pó de basalto e rocha fosfatada como remineralizadores em solos intensamente intemperizados. **Revista Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 36, n. 2, p. 259 – 274, 2017.

UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION. **The global land outlook**. 2. ed. Nova York: ONU, 2022. 204 p. Disponível em: https://www.unccd.int/sites/default/files/2022-04/UNCCD_GLO2_low-res_2.pdf. Acesso em: 13 fev. 2024.

VEJAN, P. *et al.* Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability-a review. **Revista Molecules**, Basel, v. 21, n. 573, p. 17, 2016. Disponível em: www.mdpi.com/journal/molecules. Acesso em: 6 jul. 2022.

VALE, S. M. L. S. do. *et al.* Potencial agrícola de bactérias endofíticas obtidas de bambu *Guadua* spp. *In*: SIVIERO, A.; SANTOS, R. C. dos; MATTAR, E. P. L. **Conservação e tecnologias para o desenvolvimento agrícola e florestal no Acre**. Rio Branco: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, 2019. cap 3, p. 85–114.

VEZZANI, F. M. *et al.* UMA VISÃO SOBRE QUALIDADE DO SOLO. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 4, n. 33, p. 743-755, ago. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/rSb9bsbsgjBqw4t9b9jrDBC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 fev. 2024.

WELTER, M. K. *et al.* Efeito da aplicação de pó de basalto no desenvolvimento inicial de mudas de camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 922-931, 2011

ARTIGO 1 - A APLICAÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MICRORGANISMOS EFICIENTES APRESENTA A MESMA EFICIÊNCIA DA ADUBAÇÃO QUÍMICA NA EMERGÊNCIA, CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE AVEIA?

Nathan Almeida Amancio

RESUMO

Além de fornecer um alimento rico para a dieta humana e animal, a cultura da aveia desempenha um excelente papel na conservação do solo, por servir como cobertura e por incrementar matéria orgânica. Somado ao uso de tecnologias mais sustentáveis, esta planta pode ser utilizada em um manejo ecológico de recuperação de solo degradado. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes adubos orgânicos e de diferentes fontes de Microrganismos Eficientes na emergência, crescimento e produção de plântulas de aveia. Foi adotado um Delineamento Inteiramente Casualizado em esquema fatorial $(3 \times 4) + 2$, analisando a adubação com um composto orgânico, um composto organomineral e um remineralizador de solo, quando submetidos à aplicação dos EM da mata, EM do bambu e EM comercial, além da ausência de inoculação. Os tratamentos controle foram a adubação química e a ausência de adubação. Os resultados do estudo mostram que o uso do composto organomineral se equipara à adubação química para a maioria das variáveis, podendo ser utilizado como forma de substituição à adubação convencional, ressaltando a possibilidade de usar remineralizadores para aprimorar compostos orgânicos, já que a adubação com o composto orgânico apresentou médias inferiores à adubação química para algumas variáveis. A inoculação com EM da mata e do bambu revelou efeitos prejudiciais, já que os tratamentos que receberam estas fontes de inoculação apresentaram médias inferiores para a maioria das variáveis analisadas. Esses resultados incentivam práticas agrícolas mais sustentáveis, diminuindo a dependência de fertilizantes químicos e atenuando danos ambientais.

Palavras-chave: *Avena Sativa*; Agricultura regenerativa; Rochagem; Pó de rocha.

ABSTRACT

In addition to providing a rich food for human and animal diets, oat cultivation plays an excellent role in soil conservation, serving as a cover and increasing organic matter. Coupled with the use of more sustainable technologies, this plant can be used in an ecological management of degraded soil recovery. The objective of this work was to evaluate the influence of different organic fertilizers and different sources of Efficient Microorganisms on the emergence, growth, and production of oat seedlings. A Completely Randomized Design in a factorial scheme $(3 \times 4) + 2$ was adopted, analyzing fertilization with an organic compound, an organomineral compound, and a soil remineralizer, when subjected to the application of EM from the forest, EM from bamboo, and commercial EM, in addition to the absence of inoculation. The control treatments were chemical fertilization and the absence of

fertilization. The results of the study show that the use of the organomineral compound is equivalent to chemical fertilization for most variables, and can be used as a form of substitution for conventional fertilization, highlighting the possibility of using remineralizers to improve organic compounds, since fertilization with the organic compound presented averages lower than chemical fertilization for some variables. Inoculation with EM from the forest and bamboo revealed harmful effects, as the treatments that received these sources of inoculation presented lower averages for most of the variables analyzed. These results encourage more sustainable agricultural practices, reducing dependence on chemical fertilizers and mitigating environmental damage.

Keywords: *Avena Sativa*; Regenerative agriculture; Rock dust; Rock powder.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da aveia (*Avena sativa*) ostenta uma relevância global substancial, devido às suas diversas aplicações como alimento, ração animal e planta de cobertura agrícola (Bevilaqua; Eicholz; Antunes; Schiavon, 2022). No âmbito internacional, observamos extensos cultivos de aveia em nações como Canadá, Rússia, Austrália e Estados Unidos (BRASIL, 2012). No Brasil, especialmente nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso do Sul, tem-se observado um crescimento destacado na produção de aveia, alcançando aproximadamente 530,6 mil hectares de área cultivada e uma produção de 1.163.000 toneladas em 2023 (CONAB, 2023).

Por outro lado, a adubação orgânica se configura como uma prática agrícola de relevância significativa na cultura da aveia. Esta prática proporciona diversos benefícios ao cultivo, disponibilizando nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo e potássio, de forma gradual, favorecendo um desenvolvimento equilibrado da aveia. Adicionalmente, a presença de matéria orgânica aprimora a capacidade de retenção de água e a estrutura do solo, fatores determinantes para o crescimento radicular da aveia (Pereira; Wilsen Neto; Nóbrega, 2013). Essas ações concorrem para uma maior resistência da cultura ao estresse hídrico e otimizam a absorção de nutrientes.

A adubação orgânica não apenas nutre a planta, mas também contribui para a sustentabilidade da agricultura, reduzindo a degradação do solo e minimizando a dependência de fertilizantes químicos. Além disso, seu impacto benéfico pode se estender a longo prazo, melhorando a qualidade do solo e tornando-o mais adequado não apenas para a cultura da aveia, mas também para outras culturas.

Outra prática a ser considerada para substituir a adubação química na agricultura seria a remineralização do solo. A remineralização do solo, também conhecida como “rochagem”,

utiliza o pó residual de rochas de pedreiras como fonte de nutrientes para as plantas, liberando macro e micronutrientes e contribuindo para o equilíbrio do pH do solo (Toscani; Campos, 2017; Welter *et al.*, 2011). Diferente dos fertilizantes solúveis, o pó de rocha libera nutrientes de forma mais lenta, permitindo uma disponibilidade prolongada durante os ciclos de cultivo (Medeiros, 2017). Além disso, favorece a colonização e o crescimento de fungos micorrízicos (Edward, 2016).

A remineralização do solo tem benefícios agronômicos, ambientais e sociais, como a redução da poluição das águas continentais e a diminuição da dependência de fertilizantes solúveis importados (Brito, 2019). No entanto, a baixa solubilidade do pó de rocha pode ser um desafio, sendo necessário o uso de estratégias para acelerar a liberação de nutrientes, como a inoculação de microrganismos e a combinação com processos de compostagem (Brandão; Lopes-Assad; Ceccato-Antonini, 2014; Rocha, 2006).

Os Microrganismos Eficientes (EM), que são microrganismos presentes em ambientes naturais, desempenham várias funções essenciais para o funcionamento ecológico adequado (Casali, 2020). Eles são usados em pelo menos 60 países ao redor do mundo, incluindo Índia, Japão, Europa e Estados Unidos (Higa, 2021; ALCIMED, 2023; Jat *et al.*, 2021; Javaid, 2010; Ray *et al.*, 2020), e podem ser obtidos através de produtos comerciais ou produzidos diretamente nas fazendas através da coleta de microrganismos em ambientes naturais (Casali, 2020).

Os EM ajudam a restaurar a biodiversidade microbiana essencial para processos como a decomposição da matéria orgânica e o controle de patógenos, que são fundamentais para a produtividade das culturas (Gil, Sanches E Osorio, 2013; Gomes *et al.*, 2021). Eles também podem ser usados para aumentar a eficiência dos remineralizadores de solo, já que os ácidos orgânicos produzidos pelo metabolismo dos microrganismos podem ajudar a liberar os nutrientes contidos nesses resíduos (Lopes-Assad *et al.*, 2006).

Algumas hipóteses sugerem que os remineralizadores de solo podem enriquecer o composto orgânico, formando um composto organomineral que pode substituir os fertilizantes químicos na cultura da aveia. Os EM podem auxiliar na liberação de nutrientes dos remineralizadores e estabelecer uma simbiose com as plantas, resultando em um melhor crescimento. Além disso, os microrganismos encontrados em ambientes naturais próximos ao local de inoculação podem ter melhores resultados por já estarem adaptados ao clima e outras características ambientais locais.

O estudo em questão teve como objetivo principal investigar o efeito da aplicação de diferentes fontes de adubação orgânica, com ou sem inoculação de EM, na cultura da aveia

em solo degradado. Também buscou verificar a capacidade do remineralizador de solo para enriquecer o composto orgânico e determinar se os EM produzidos artesanalmente podem substituir o produto comercial.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O presente trabalho foi conduzido através de uma parceria entre a Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL e o Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologias do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), Campus Muzambinho, na cidade de Muzambinho, Minas Gerais, Brasil. A área está localizada nas coordenadas geográficas de latitude 21° 20' 59,94" S e longitude 46° 31' 34,82" W, a uma altitude média de 1013 metros. O clima local é classificado como temperado úmido, com invernos secos e verões moderadamente quentes (Cwb), de acordo com a classificação de Köppen (1948). Levando em consideração o balanço hídrico, o clima é categorizado como B4rB'2a, conforme definido por Thornthwaite (1948). As condições climáticas médias apresentam uma temperatura média de 22,9°C e uma precipitação pluvial média anual de 234 mm por mês (Aparecido *et al.*, 2014).

2.2 OBTENÇÃO DOS ADUBOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO

O remineralizador utilizado tanto na produção do composto organomineral quanto em aplicações individuais foi adquirido da empresa BM Solo, localizada em Muzambinho, MG. Seu registro no MAPA indica que a rocha explorada se trata de um anfibólio (INSTITUTO BRASIL ORGÂNICO, 2023; MAPA, 2021). A composição deste remineralizador é uma mistura complexa que pode desempenhar um papel fundamental na melhoria da qualidade do solo e no fornecimento de nutrientes essenciais para o crescimento das plantas. Esta composição inclui 55% de feldspato, 1% de apatita, 10,4% de augita, 10,1% de mica, 1,9% de cordierita, 1,3% de ilmenita e 3,9% de feldspato. A composição do remineralizador também engloba 1,3% de pirita, bem como 15,1% de quartzo.

O composto orgânico foi produzido em um ambiente protegido contra a exposição solar e a chuva durante o ano de 2021. Nesta etapa, esterco bovino e carvão vegetal foram utilizados no processo da compostagem. O material foi cuidadosamente revolvido uma vez por semana para manter a temperatura ideal e promover a decomposição adequada dos

resíduos orgânicos. Além disso, o composto organomineral foi produzido da mesma forma, com a inclusão de 15% de pó de rocha na mistura. Essa adição de pó de rocha contribuiu para enriquecer o composto com minerais essenciais, presentes no remineralizador mencionado anteriormente. Amostras foram enviadas ao laboratório para análises químicas detalhadas. O objetivo dessas análises era determinar os nutrientes disponíveis nos materiais, permitindo uma melhor compreensão de como esses insumos podem beneficiar a agricultura e promover o crescimento saudável das plantas. Podemos analisar os resultados das análises químicas realizadas nos compostos orgânico e organomineral na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química dos compostos orgânico e organomineral, produzidos no IFSULDEMINAS - campus Muzambinho, em Muzambinho - MG.

COMPOSTO	pH	N amoniacal	P ₂ O ₅ sol. CNA+H ₂ O	K ₂ O sol. em água %	Carbono Orgânico	Relação C/N
Organomineral	7,5	1,3	0,9	0,8	24,7	19
Orgânico	7,6	1,3	0,9	0,7	24,7	19

COMPOSTO	C.T.C. mmolc kg ⁻¹	CTC/C	Ca g kg ⁻¹	Mg g kg ⁻¹	S	Cu	Fe	Mn mg kg ⁻¹	B	Zn	P ₂ O ₅ total g kg ⁻¹
Organomineral	250	10	20	6	3	76	12060	254	83	209	14
Orgânico	204	8	19	7	2	88	11212	257	67	168	14

Os resultados obtidos na análise química realizada no remineralizador de solo utilizado podem ser visualizados na Tabela 2:

Tabela 2 - Resultado da análise química do remineralizador de solo obtido em Muzambinho - MG.

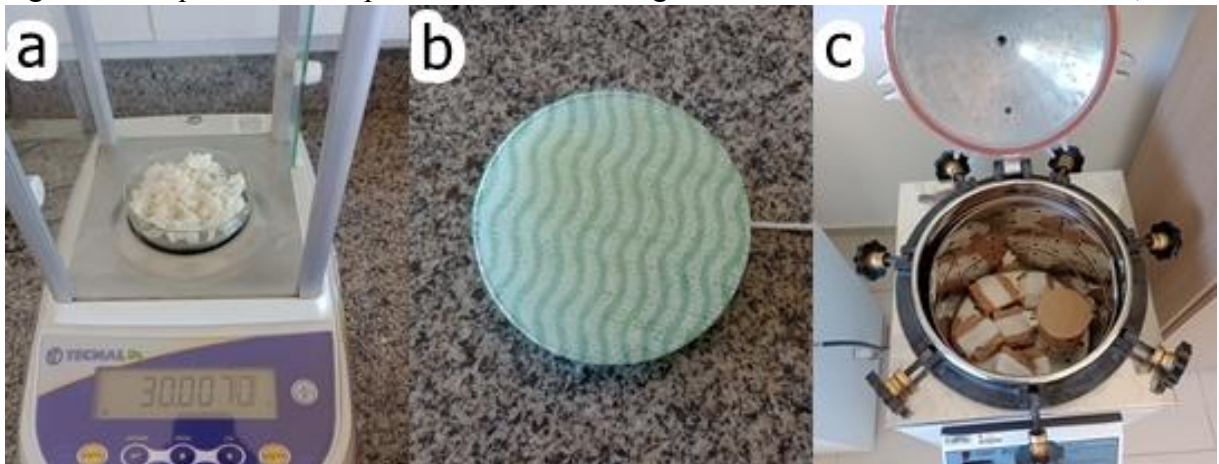
ADUBO	Nitrogênio Solúvel em H ₂ O	P ₂ O ₅ sol. CNA+H ₂ O %	K ₂ O sol. em água
Remineralizador	0,35	0,11	0,24

ADUBO	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Mo	B	Zn
Remineralizador	1,28	1,12	0,15	0	2,46	0,04	0	0,01	0,01

2.3 COLETA E MULTIPLICAÇÃO DOS MICRORGANISMOS EFICIENTES (EM)

Os EM da mata e do bambu foram coletados e o composto fermentado produzido conforme as diretrizes recomendadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (BRASIL, 2016; Casali, 2020), com algumas modificações específicas. Em um placa de Petri foram uniformemente distribuídos 30 gramas de arroz cozido (Figura 1a). Em seguida, a placa de Petri já preenchida com o arroz foi coberta por um tecido poroso, de modo que impedisse a entrada de insetos e outros animais, enquanto permitia a colonização dos microrganismos (Figura 1b). As iscas preparadas foram cuidadosamente envolvidas em papel pardo e submetidas a autoclavagem a 1 atm de pressão por um período de 15 minutos, garantindo a esterilização dos materiais (Figura 1c).

Figura 1 - Preparo das iscas para coleta dos Microrganismos Eficientes em Muzambinho, MG.



Fonte: Amancio (2023).

Legenda: a) distribuição do arroz cozido nas placas de Petri;
 b) proteção das iscas ao ataque de animais;
 c) autoclavagem das iscas.

Após a autoclavagem das iscas, estas foram transportadas para a área de instalação, onde o papel pardo foi removido, utilizando luvas, máscara e touca para evitar possíveis contaminações. As iscas foram estrategicamente dispostas tanto em uma Área de Preservação Permanente (APP) quanto em uma região de bambuzal próxima.

As iscas foram instaladas no dia 26 de Janeiro e retiradas no dia 07 de Fevereiro de 2023, permanecendo nos locais de coleta por 12 dias, que segundo Casali (2020) é suficiente para a colonização dos microrganismos no arroz cozido, finalizando a fase da coleta.

Foram adicionadas 3 iscas em cada área de captura. Com base nos dados do boletim climático do IFSULDEMINAS, no mês de Janeiro do ano de 2023, foi registrado a

temperatura média do ar de 21,7 °C e chuvas em torno de 504 mm (Aparecido; Souza, 2023a) Já em Fevereiro deste mesmo ano, a temperatura média foi 21,1 °C e a precipitação em torno de 426 mm (Aparecido; Souza, 2023b).

O meio de cultura para o processo de fermentação e multiplicação dos microrganismos foi realizada conforme sugerido pelo Caderno dos Microrganismos Eficientes (BRASIL, 2016; Casali, 2020), utilizando melaço de cana e água destilada, na proporção de 1/10 (Figura 2a). A solução foi distribuída em 6 garrafas PET que foram posteriormente tampadas. As tampas foram protegidas com um pedaço de papel pardo e barbante e as garrafas com a solução nutritiva foram autoclavadas a 1 atm de pressão pelo tempo de 15 minutos (Figura 2b). Após autoclavadas, as garrafas com o meio de cultura permaneceram em repouso até seu resfriamento (Figura 2c).

Figura 2 - Preparo do meio de cultura para a fermentação e multiplicação dos Microrganismos Eficientes (EM) em Muzambinho, MG.



Fonte: Amancio (2023).

Legenda: a) Preparo das soluções;
 b) Soluções preparadas;
 c) Autoclavagem das soluções.

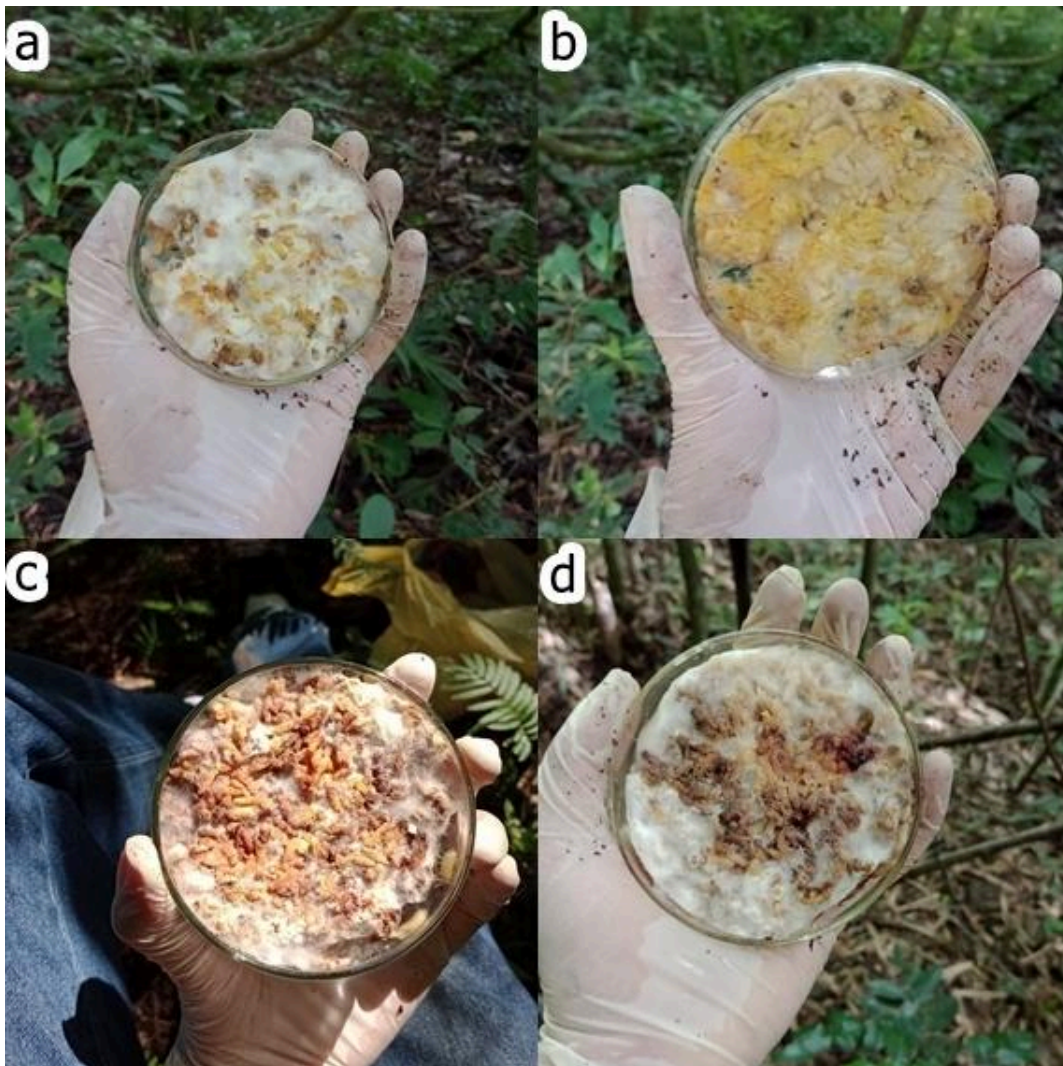
Os recipientes com a solução nutritiva foram transportados para as áreas de coleta e somente no local de instalação das iscas a proteção de papel com as tampas foram retirados. O arroz cozido já colonizado pelos microrganismos coletados (Figura 3) foram transferidos para as garrafas com a solução nutritiva ainda na área de coleta, iniciando a fase da multiplicação. Este procedimento também foi realizado com a utilização de luvas, máscara e touca para evitar contaminações. As garrafas foram tapadas e novamente protegidas e posteriormente

transportadas ao laboratório de Microbiologia do IFSULDEMINAS para o início do processo de fermentação.

É possível observar as iscas de arroz cozido, após o período estabelecido para que ocorra a colonização pelos Microrganismos Eficientes na Figura 3. A Figura 3a, assim como a Figura 3b corresponde às iscas instaladas na área de mata nativa. A Figura 3c e a Figura 3d correspondem às iscas instaladas na área de bambuzal.

É possível notar diferenças entre as iscas colonizadas, principalmente no que diz respeito à coloração e textura dos microrganismos, indicando a possibilidade de diferença na composição microbiológica do produto final, após a fermentação da solução.

Figura 3 - Iscas de arroz colonizadas pelos Microrganismos Eficientes (EM) em Muzambinho, MG.



Fonte: Amancio (2023).

Legenda: a) Iscas de arroz colonizadas pelos Microrganismos Eficientes (EM) da mata;
b) Iscas de arroz colonizadas pelos Microrganismos Eficientes (EM) da mata;
c) Iscas de arroz colonizadas pelos Microrganismos Eficientes (EM) do bambu;
d) Iscas de arroz colonizadas pelos Microrganismos Eficientes (EM) do bambu.

A cada 2 dias os gases formados dentro das garrafas através do metabolismo microbológico foram retirados, desrosqueando levemente a tampa dentro da câmara de fluxo laminar, e apertando a garrafa até que o remova por completo. Após o intervalo de tempo de 42 dias, a formação de gases na garrafa cessou, o que indicou a finalização da produção do produto fermentado.

O fermentado resultante das iscas colocadas na APP foi denominado "EM da mata", enquanto as iscas instaladas no meio do bambuzal foram denominadas "EM do bambu". Além disso, foi utilizado o produto comercial FertPremium (Korin, 2024).

Para a aplicação dos EM nas plantas de aveia, a solução preparada foi diluída na concentração de 0,1% utilizando água destilada. Foi adicionado na solução 10% de açúcar para reativar o metabolismo dos microrganismos presentes. As soluções resultantes foram posteriormente aplicadas em seus respectivos tratamentos, na dosagem de 100 mL, seguindo as diretrizes de Casali (2020).

O autor sugere que a aplicação seja dividida no mínimo em 4 dosagens, adicionando uma maior dosagem na primeira aplicação. Como o volume de irrigação estabelecido foi o de 100 mL, e volumes maiores poderiam resultar em escoamento, ajustou-se a concentração da solução, realizando a primeira aplicação com uma solução de EM a 1% e as demais com solução a 0,05%. As inoculações foram realizadas a cada 45 dias, distribuindo-as durante o ciclo da cultura.

2.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), que envolveu um esquema fatorial $(3 \times 4) + 2$. Este esquema fatorial considerou três diferentes tipos de adubações propostas: composto orgânico, composto organomineral e remineralizador de solo, e três situações referentes à aplicação de Microrganismos Eficientes: Sem EM, EM da mata, EM do bambu e EM comercial. Além disso, o estudo incluiu tratamentos de controle, representados pela adubação química (Controle Positiva) e pela ausência de qualquer aplicação (Controle Negativo).

Foram conduzidos tratamentos adicionais com as fontes de adubação, sem a adição de EM no total, foram avaliados 14 tratamentos, cada um com 4 repetições, o que resultou em um total de 56 parcelas amostrais. Sendo assim, foram estabelecidos os seguintes tratamentos, disposto na Tabela 3.

A dosagem estabelecida para o composto organomineral foi de 10 toneladas por hectare. Para estipular a quantidade do remineralizador aplicado nos tratamentos correspondentes, considerou-se 15% da dosagem do composto organomineral, ou seja, 1,5 toneladas por ha. Já para o composto orgânico, adotou-se 85% da dosagem do composto organomineral, ou seja, 8,5 T ha⁻¹. A adubação química, realizada nas parcelas correspondente ao tratamento Controle Positivo, foi realizada com a aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N; 60 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 10 kg ha⁻¹ de K₂O (CFQS, 2004).

Tabela 3 - Tratamentos avaliados no experimento, aplicados em plantas de aveia em Muzambinho - MG.

ADUBAÇÃO	IDENTIFICAÇÃO DO TRATAMENTO			
SEM APLICAÇÃO	Tratamento 1			
QUÍMICA	Tratamento 2			
	Sem EM	EM da mata	EM do bambu	EM comercial
COMPOSTO ORGÂNICO	Tratamento 3	Tratamento 4	Tratamento 5	Tratamento 6
COMPOSTO ORGANOMINERAL	Tratamento 7	Tratamento 8	Tratamento 9	Tratamento 10
REMINERALIZADOR	Tratamento 11	Tratamento 12	Tratamento 13	Tratamento 14

2.5 IMPLANTAÇÃO

O solo utilizado para o preenchimento dos vasos deste experimento foi coletado em área de pastagem na camada de 0-20 cm e transportado para a área de instalação do experimento. Para garantir uniformidade, vasos com capacidade para 3 litros foram preenchidos com esse solo e tiveram seu peso aferido, assegurando que todos os vasos possuíam o mesmo peso.

Posteriormente, aproximadamente 50 gramas de solo foram coletadas de cada parcela, e essas amostras foram combinadas para formar uma amostra composta do solo que seria utilizado no experimento. Essa amostra composta foi então enviada ao laboratório para a realização da análise química. As recomendações foram realizadas com base nos resultados da análise de solo, conforme detalhado na Tabela 4.

Como parte do preparo, a acidez do solo foi corrigida em todas as parcelas do experimento por meio da aplicação de calcário calcítico na dosagem de 200 Kg/ha. Além disso, a recomendação para a adubação química do tratamento controle e a aplicação de corretivos de solo foi realizada de acordo com as diretrizes da Comissão de Química e

Fertilidade do Solo (CQFS, 2004). Essa abordagem assegura que o solo utilizado no experimento esteja devidamente preparado e corrigido, permitindo um ambiente controlado e uniforme para avaliar o impacto das diferentes adubações e tratamentos no solo e nas culturas subsequentemente plantadas.

Tabela 4 - Resultado da análise do solo utilizado, coletado em Muzambinho - MG.

ATRIBUTO	pH	M.O.	Carb. Total g/dm ³	P mg/dm ³	K	Ca	Mg	H+Al mmolc/dm ³	Al	H
		23	13	15	8,5	10	8	39	0	39

ATRIBUTO	S.B.	C.T.C.	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn	S	K na C.T.C.	Ca na C.T.C.
	mmolc/dm ³			mg/dm						%	
	26,5	65,5	40	0,16	1,8	37	2,4	0,7	1	13	15,3

ATRIBUTO	Mg na C.T.C.	Al na C.T.C.	H na C.T.C.	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
	%			-	-	-
	12,2	0	59,5	1,3	1,2	0,9

Após este processo, as adubações correspondentes a cada tratamento foram aplicadas. Para o cálculo da dose/vaso a ser aplicada, foi considerado o volume dos vasos em relação ao volume de solo de 1 ha nos primeiros 20 cm de profundidade. As adubações de plantio e de cobertura das parcelas referentes à adubação química foram realizadas conforme a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS, 2004).

Foram semeadas 20 sementes de plantas de aveia (*Avena sativa*) por vaso e logo em seguida, os tratamentos referentes às diferentes fontes de EM foram aplicadas em suas devidas parcelas. Os vasos foram irrigados todos os dias, mantendo a umidade do solo na capacidade de campo.

2.6 AVALIAÇÕES

2.6.1 Emergência de plântulas

Todos os dias foram contadas a quantidade de plântulas completamente emergidas por parcela, determinando o percentual de sementes que germinaram. Com base no número de

plantas emergidas a cada dia, foi calculado o Índice de Velocidade de Emergência (IVE) proposto por Maguire (1962), calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{IVE} = (N1/E1) + N2/E2) + (Nn/En), \text{ onde:}$$

IVE = Índice de Velocidade de Emergência;

E1, E2, En = número de plantas normais emergidas no dia 1, 2, n...

N1, N2, Nn = número de dias após o semeio. 1 dia, 2 dias, n... dias.

Quando a quantidade de plantas emergidas se apresentou igual para todas as parcelas durante 3 dias consecutivos, a avaliação foi finalizada.

2.6.2 Crescimento vegetativo

Após a conclusão da avaliação da emergência das plântulas, prosseguiu-se com a medição da altura inicial das plantas. Essa medição envolveu o uso de uma régua e consistiu em aferir o comprimento da planta a partir da superfície do solo até a ponta da folha mais alta. Esse procedimento é importante para estabelecer uma linha de base a partir da qual o crescimento das plantas pode ser acompanhado e avaliado ao longo do experimento.

Na décima semana após o plantio, a maior parte das plantas já se encontravam em estágio reprodutivo e então as avaliações relacionadas com o crescimento vegetativo foram realizadas seguindo os métodos adotados por Rossetto e Nakagawa (2001), com algumas modificações. Foram aferidas as medidas referentes a Altura da Planta; Altura do Colmo; Diâmetro do Colmo; Número de Folhas da Planta Principal; Número de Perfilhos (primários e secundários); Comprimento do Maior Perfilho e Comprimento das Duas Últimas Folhas Completamente Expandidas (Rossetto E Nakagawa, 2001).

A altura da planta foi medida aferindo o comprimento da superfície do solo até a ponta da folha mais alta. A altura do colmo foi medida, representando o comprimento da planta desde a superfície do solo até a inserção da última folha na planta. O diâmetro do colmo foi aferido com o auxílio de um paquímetro digital, medindo a largura do caule da planta próximo à superfície do solo.

Foi contado o número de folhas na planta principal, ou seja, folhas que cresceram diretamente a partir do colmo principal. O número de perfilhos, que são brotações laterais ou novas plantas que crescem a partir do colmo principal, foi contado (Alfonso, 2004). Foi aferido também o comprimento da brotação lateral mais longa ou maior perfilho.

O comprimento das duas folhas mais recentes que estavam completamente expandidas foi medido. A partir desses dados, foi avaliado o comprimento da maior delas, bem como a média dos comprimentos das duas folhas.

2.6.3 Produção de grãos

No dia 16 de agosto de 2023, 110 dias após a implantação do experimento, o que levou à necessidade de colher os grãos e avaliar a produção em diferentes condições de tratamento. Para essa avaliação, foram registrados vários dados relevantes:

Primeiramente, contou-se o número de panículas produzidas por cada planta. Isso fornece informações sobre a capacidade de produção de panículas das plantas em cada tratamento. Em seguida, foram contados o número de grãos presentes em cada panícula (Rossetto; Nakagawa, 2001). Essa métrica nos ajuda a entender a eficiência de produção de grãos de cada planta, pois nem todas as panículas podem produzir a mesma quantidade de grãos.

Com base nesses dados, calculou-se a média do número de grãos por planta. Essa média representa a produtividade média de grãos por planta e é importante para avaliar o desempenho das diferentes condições de tratamento. Além disso, após a colheita, os grãos foram secos em uma estufa a 65°C por 24 horas, eliminando a umidade presente nesses grãos. Isso resultou no peso seco de 50 grãos, uma medida precisa do peso dos grãos.

Para eliminar o efeito da umidade, os valores de peso de 50 grãos foram corrigidos, ajustando a umidade para 13%, que é a umidade de referência para a colheita de aveia. Isso proporcionou o peso de 50 grãos com umidade corrigida (Alfonso, 2004; Rossetto; Nakagawa, 2001). Finalmente, a produtividade de grãos foi calculada, levando em consideração a área ocupada por cada planta com base nos vasos utilizados no experimento, que apresentavam a área de 0,0241 m². Esse cálculo permitiu representar a produtividade que seria esperada em uma área de 1 hectare, facilitando a comparação entre as diferentes condições de tratamento em termos de produção de grãos. Esses dados são cruciais para avaliar o desempenho das plantas de aveia em termos de produtividade de grãos e outras métricas relacionadas à qualidade e quantidade dos grãos colhidos.

2.6.4 Produção de biomassa

As avaliações referentes à produção de biomassa foram realizadas conforme (Alfonso, 2004). Inicialmente, a massa fresca da parte aérea das plantas foi analisada. Isso envolveu a coleta e pesagem das partes aéreas das plantas, imediatamente após a colheita para obter uma medida precisa da massa fresca. Em seguida, a massa seca foi determinada. As partes aéreas das plantas foram secas em estufa a 65°C até atingirem um peso constante. A produtividade da biomassa foi então calculada a partir dos dados da massa seca. Este cálculo começou com a determinação da área ocupada por cada planta. Isso foi feito com base na área do vaso utilizado no experimento, que era de 0,024 m².

Para tornar esses dados mais aplicáveis a uma escala agrícola, a produtividade da biomassa por planta foi então convertida para representar a produtividade que seria esperada em uma área de 1 hectare. Isso foi feito multiplicando a produtividade da biomassa por planta pela proporção de 1 hectare para a área do vaso. Além disso, esses dados podem ser usados para comparar a eficiência de diferentes variedades de aveia na produção de biomassa, o que pode informar as decisões de manejo agrícola.

2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas utilizando teste Dunnett a um nível de significância de 5% para as variáveis.

No processo de análise, foram excluídas as variáveis que apresentaram um coeficiente de variação (CV%) superior a 30%, o que sugere uma alta variabilidade nos dados. Isso foi feito para garantir a confiabilidade dos resultados, uma vez que uma alta variabilidade pode tornar as análises estatísticas menos robustas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RESULTADOS

3.1.1 Emergência de plântulas

A média final referente à taxa de emergência das plântulas de aveia foi a mesma para os tratamentos controle positivo e negativo. (Tabela 5).

Embora os resultados não tenham apresentado diferenças estatísticas para as variáveis

analisadas, as médias foram numericamente superiores no tratamento que não recebeu inoculação e no tratamento inoculado com o EM da mata, quando se realizou a adubação com o Composto Orgânico. Nos tratamentos que receberam o Composto Organomineral como fonte de adubação, além da ausência de inoculação e da inoculação com o EM da mata, a inoculação com o EM comercial também apresentou média numericamente superior.

Tabela 5 - Taxa de emergência (%) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE) de plântulas de aveia submetidas à aplicação de diferentes adubações orgânicas e Microrganismos Eficientes (EM) em Muzambinho, MG.

VARIÁVEL	MICROORGANISMOS EFICIENTES				CONTROLES		DMS
	S.A.	MATA	BAMBÚ	COMERCIAL	NEGATIVO	POSITIVO	
COMPOSTO ORGÂNICO							
EMERGÊNCIA (%)	80 ^{NS}	80 ^{NS}	65 ^{NS}	70 ^{NS}	75	75	23
IVE	17,89 ^{NS}	15,48 ^{NS}	12,74 ^{NS}	14,42 ^{NS}	17,28	17,14	4,94
COMPOSTO ORGANOMINERAL							
EMERGÊNCIA (%)	80 ^{NS}	80 ^{NS}	70 ^{NS}	82,5 ^{NS}	75	75	23
IVE	16,63 ^{NS}	14,12 ^{NS}	13,86 ^{NS}	17,23 ^{NS}	17,28	17,14	4,94
REMINERALIZADOR							
EMERGÊNCIA (%)	75 ^{NS}	65 ^{NS}	80 ^{NS}	65 ^{NS}	75	75	23
IVE	17,21 ^{NS}	12,51 ^{NS}	16,52 ^{NS}	13,50 ^{NS}	17,28	17,14	4,94

Legenda: S.A. representa a ausência de inoculação de Microrganismos Eficientes. “*” representa haver diferença entre o tratamento e o controle negativo. “**” representa haver diferença entre o tratamento e o controle positivo. “***” representa haver diferença entre o tratamento e os dois controles. “NS” representa não haver diferença entre o tratamento e os dois controles.

Realizando a adubação com o Remineralizador de solo, o tratamento inoculado com o EM do bambu foi o único que apresentou média numericamente superior, sendo que as outras fontes de inoculação, EM da mata e EM comercial, apresentaram médias numericamente inferiores. Não houve diferença significativa com relação ao IVE em nenhum dos tratamentos analisados.

3.1.2 Crescimento e produção

Os resultados da análise indicam que a adubação com Composto Organomineral e Composto Orgânico resultou em médias de altura da planta e diâmetro do colmo comparáveis aos controles, sugerindo que esses compostos são eficazes como adubos. No entanto, quando a inoculação com EM da mata e EM do bambu foi introduzida, as médias dessas medidas

foram inferiores, indicando que esses tipos de inoculação podem não ser benéficos quando usados com esses compostos (Tabela 6).

Tabela 6 - Resultados do teste de Dunnett para as variáveis: altura; diâmetro de colmo; número de folhas do colmo principal; comprimento da maior folha; comprimento médio das duas últimas folhas; peso de grãos e produção de biomassa de plantas de aveia em solo degradado, submetidas à aplicação de diferentes adubos orgânicos e Microrganismos Eficientes, em Muzambinho - MG.

VARIÁVEL	MICROORGANISMOS EFICIENTES				CONTROLES		DMS	
	S.A.	MATA	BAMBÚ	COMERCIAL	NEGATIVO	POSITIVO		
COMPOSTO ORGÂNICO	ALTURA	35,73 ^{NS}	33,32*	33,91*	34,81 ^{NS}	41,03	36,36	6,36
	DIÂMETRO	2,95 ^{NS}	2,64**	2,49**	2,89 ^{NS}	2,62	3,12	0,40
	Nº DE FOLHAS	5,00 ^{NS}	4,69 ^{NS}	4,31**	5,44 ^{NS}	5	5,31	0,85
	MAIOR FOLHA	27,16*	26,10 ^{NS}	23,32 ^{NS}	26,36 ^{NS}	23,02	25,91	3,66
	MÉDIA FOLIAR	18,51*	23,01 ^{NS}	22,09 ^{NS}	21,10 ^{NS}	22,80	20,50	3,08
	PESO DE GRÃOS	1,13**	1,04 ^{NS}	0,67***	0,96*	1,14	0,99	0,12
	BIOMASSA	17,85*	15,89**	14,45**	17,71*	14,97	18,02	2,02
COMPOSTO ORGANOMINERAL	ALTURA	40,9 ^{NS}	32,86*	32,69*	32,08*	41,03	36,36	6,36
	DIÂMETRO	2,89 ^{NS}	2,64**	2,61**	2,84 ^{NS}	2,62	3,12	0,40
	Nº DE FOLHAS	5,31 ^{NS}	4,75 ^{NS}	4,38**	4,75 ^{NS}	5	5,31	0,85
	MAIOR FOLHA	28,79*	23,68 ^{NS}	24,89 ^{NS}	26,47 ^{NS}	23,02	25,91	3,66
	MÉDIA FOLIAR	20,45 ^{NS}	22,75 ^{NS}	22,45 ^{NS}	18,58*	22,80	20,50	3,08
	PESO DE GRÃOS	1,03 ^{NS}	0,93*	0,73***	0,99*	1,14	0,99	0,12
	BIOMASSA	18,10*	15,23**	15,14**	17,86*	14,97	18,02	2,02
REMINERALIZADOR	ALTURA	34,01*	25,10***	26,41***	38,33 ^{NS}	41,03	36,36	6,36
	DIÂMETRO	2,61**	1,83***	2,40**	2,58**	2,62	3,12	0,40
	FOLHAS	5,06 ^{NS}	3,88***	4,25**	4,69 ^{NS}	5	5,31	0,85
	MAIOR FOLHA	24,11 ^{NS}	18,75***	21,37**	24,18 ^{NS}	23,02	25,91	3,66
	MÉDIA FOLIAR	19,93 ^{NS}	18,62*	18,25*	25,07**	22,80	20,50	3,08
	PESO DE GRÃOS	0,82***	0,36***	0,47***	0,69***	1,14	0,9925	0,12
	BIOMASSA	15,21**	11,93***	13,36**	15,67**	14,97	18,02	2,02

Legenda: S.A. representa a ausência de inoculação de Microrganismos Eficientes. O Controle Negativo corresponde à ausência de qualquer aplicação e o Controle Positivo corresponde a adubação com fertilizante químico. “*” representa haver diferença entre o tratamento e o Controle Negativo. “**” representa haver diferença entre o tratamento e o Controle Positivo. “***” representa haver diferença entre o tratamento e os dois controles. “^{NS}” representa não haver diferença entre o tratamento e os dois controles.

Quando o Remineralizador foi usado como adubo, as plantas apresentaram uma média de altura inferior aos controles. Isso foi particularmente notável quando a adubação foi combinada com a inoculação com EM da mata e EM do bambu. No entanto, a inoculação com EM comercial não resultou em uma diferença significativa em relação aos controles. Isso sugere que a inoculação com EM comercial pode ter um efeito positivo quando usada com o Remineralizador, possivelmente minimizando quaisquer efeitos negativos que essa adubação possa ter.

Em relação ao número de folhas do colmo principal, a maioria dos tratamentos resultou em médias semelhantes, com exceção da inoculação com EM do bambu, que resultou em uma média inferior ao Controle Positivo. Isso sugere que a inoculação com EM do bambu pode ter um efeito negativo nessa medida.

Para o comprimento da maior folha, o tratamento sem inoculação de EM resultou em uma média superior ao Controle Negativo, mas semelhante ao Controle Positivo. Isso indica que a ausência de inoculação de EM pode ser benéfica para essa medida. No entanto, para a variável “comprimento laminar”, a inoculação com EM comercial resultou em uma média inferior ao controle negativo, indicando que essa inoculação pode ter um efeito negativo nessa medida.

Em resumo, a inoculação com EM da mata e EM do bambu geralmente resultou em médias inferiores para a maioria das variáveis, enquanto a inoculação com EM comercial teve um desempenho variado dependendo da variável e do tipo de adubo usado. A ausência de inoculação de EM tendeu a resultar em médias semelhantes aos controles para a maioria das variáveis.

Na adubação com remineralizador de solo, o tratamento que recebeu a inoculação com o EM da Mata apresentou um desempenho inferior em relação ao comprimento da maior lâmina foliar quando comparado aos dois controles. Isso sugere que a inoculação com o EM da Mata pode não ser a mais eficaz para essa métrica específica. O tratamento inoculado com o EM do bambu, por outro lado, só se mostrou inferior ao Controle Positivo, indicando que pode haver algum benefício em usar o EM do bambu em comparação com a ausência de inoculação (Controle Negativo).

Quando analisamos o peso dos grãos com a adubação de Composto Orgânico, o Controle Negativo obteve a maior média. No entanto, é importante notar que o tratamento que não recebeu inoculação de EM teve uma média muito próxima, indicando que a inoculação de EM nestas condições de estudo pode prejudicar a produção de grãos.

Na adubação com composto organomineral, os tratamentos que receberam a inoculação com os EM da Mata e EM Comercial foram inferiores ao Controle Negativo. Por outro lado, o tratamento inoculado com o EM do bambu foi inferior aos dois controles, indicando que o EM do bambu pode não ser a melhor escolha para essa forma de adubação.

Finalmente, na produção de biomassa com adubação de composto orgânico e Composto Organomineral, os tratamentos que foram inoculados com o EM da mata e com o EM do bambu foram inferiores ao Controle Positivo. No entanto, os tratamentos inoculados com o EM comercial e o tratamento que não recebeu a inoculação de microrganismos foram semelhantes ao Controle Positivo e superiores ao Controle Negativo, indicando que esses podem ser métodos eficazes de inoculação para a produção de biomassa nessas condições.

3.2 DISCUSSÃO

Considerando as avaliações de crescimento e produção, seja de grãos, ou de biomassa, a adubação química se apresentou entre as maiores médias para todas as variáveis, exceto para as variáveis referentes à produção de sementes, onde o Controle Negativo sobressaiu com as maiores médias. Para a altura de plantas, mesmo não apresentando a maior média, foi semelhante à ausência de aplicação, que apresentou a maior média. Uma possível hipótese para esse resultado é que a adubação química forneceu os nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas em quantidades adequadas, devido sua alta solubilidade, que disponibiliza o nutriente para as plantas de forma bastante facilitada (Medeiros, 2017). Os resultados positivos referentes ao Controle Negativo podem ser explicados pela origem do solo, que foi retirado da camada superficial (0-20), apresentando alguma reserva nutricional em sua composição.

Entre as fontes de adubação alternativas, o composto organomineral foi o que mais se aproximou da adubação química, não apresentando diferença para nenhuma das variáveis analisadas, considerando o tratamento que não recebeu inoculação de microrganismo. O composto orgânico apresentou resultados semelhantes a estes para todas as variáveis, exceto pela produção de biomassa, onde foi inferior à adubação química.

Uma possível hipótese para esse resultado é que o composto organomineral combinou as vantagens do composto orgânico, que melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, com as do remineralizador de solo, que aumenta o teor de nutrientes e a capacidade de troca catiônica do solo (Ishimura et al., 2006; Höfig *et al.*, 2022), entretanto, seria necessário uma análise de solo posterior ao cultivo para comprovar esta hipótese. Os

dados indicam que se o intuito do produtor for a produção de biomassa, a adubação com o composto organomineral poderia ser utilizada em substituição à adubação química.

O remineralizador de solo mostrou-se entre os menores resultados para todas as variáveis, sendo inferior inclusive à ausência de adubação para o peso de sementes. Martins; Hardoim e Martins (2023) observaram que os mecanismos de como os remineralizadores funcionam no solo ainda dependem de muito estudo. O remineralizador de solo leva mais tempo para liberar os nutrientes em relação às outras fontes de adubação, devido à sua baixa solubilidade em água (Martins; Hardoim; Martins, 2023), além de ter ocasionado possíveis alterações no pH do solo, o que explicaria os resultados inferiores até mesmo à ausência de adubação.

A ausência de adubação também apresentou entre as menores médias para diâmetro, número de folhas, peso fresco, peso seco e produtividade de biomassa. O controle Negativo foi superior à adubação com o remineralizador para altura de plantas e peso de sementes. O remineralizador de solo não foi suficiente para suprir as necessidades nutricionais da cultura da aveia, que é considerada uma cultura exigente em nitrogênio (Melo *et al.*, 2011).

O comprimento da maior lâmina foliar pode ter sido maior na ausência de adubação, devido a um mecanismo de compensação das plantas, aumentando a área foliar para captar mais luz e realizar mais fotossíntese (Santos, 2011). O estudo de Santos (2011) sugere que as plantas, quando expostas a condições de estresse, podem aumentar a assimetria foliar como uma resposta morfológica para contornar o estresse e manter a simetria bilateral. A assimetria foliar pode ser comprovada pela discrepância entre os resultados para o comprimento da maior lâmina foliar e o comprimento médio das lâminas foliares avaliadas.

Silva *et al.* (2019) encontraram resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho, testando diferentes adubações orgânicas no trigo (*Triticum spp.*) em comparação com a adubação química. Eles concluíram que a adubação química foi superior a todas as fontes de adubação orgânicas, que incluem dejetos suínos e cama de aviário. Silva *et al.* (2009), afirmam que a aveia preta (*Avena strigosa Schreb.*) é responsiva à adubação nitrogenada, o que propicia aumento de biomassa e acúmulo de N, o qual poderá ser aproveitado pelo milho em sucessão. Isso parece estar alinhado com os resultados obtidos neste trabalho, com a adubação química se destacando em todas as avaliações. Marques *et al.* (2014), concluíram que o dejetos de produção leiteira proporciona produção semelhante à favorecida pela adubação mineral em aveia preta e azevém (*Lolium multiflorum*) corroborando com os resultados obtidos, já que os compostos utilizados foram produzidos com esterco bovino.

Entende-se que nas condições deste trabalho, é possível utilizar o composto organomineral como uma fonte de adubação alternativa à adubação química na cultura da aveia, principalmente quando o objetivo principal for a produção de biomassa, pois ele apresentou resultados semelhantes ou próximos em várias variáveis. Esta prática pode oferecer benefícios para o solo e para o meio ambiente em comparação à adubação convencional com fertilizantes químicos (Almeida *et al.*, 2019; Zonta; Stafanato; Pereira, 2021). O composto orgânico também pode ser uma opção, mas com menor eficiência que o composto organomineral .

O remineralizador de solo não foi suficiente para suprir as necessidades nutricionais da cultura da aveia, podendo ter apresentado até mesmo efeito negativo, sendo necessário complementar com outra fonte de adubação. Todas as fontes de adubação, exceto o remineralizador de solo, aumentaram as médias em relação à ausência de adubação (Martins; Hardoim; Martins, 2023). Porém, estudos a longo prazo seriam necessários para compreender seus efeitos ao longo dos ciclos. Pode-se afirmar que o composto organomineral apresenta maior eficiência em substituição à adubação orgânica em relação ao composto orgânico mesmo não havendo diferença entre eles, já que em algumas variáveis o organomineral foi semelhante à adubação química, diferente do composto orgânico, que foi inferior ao Controle Positivo, portanto, os dados indicam que o remineralizador pode ser capaz de enriquecer o composto. Isso pode ser explicado pelo fato de que o composto organomineral combinou as vantagens do composto orgânico, que melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo com as do remineralizador de solo, que aumenta o teor de nutrientes e a capacidade de troca catiônica do solo (Almeida *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2018; Zonta; Stafanato; Pereira, 2021).

A aplicação dos Microrganismos Eficientes (EM) aparentou ser prejudicial já que ocasionou médias inferiores ao tratamento controle de maior resultado, ou até mesmo aos dois tratamentos controles para várias variáveis, independente do adubo utilizador. Dentre as fontes de inoculação, o EM comercial foi o que demonstrou resultados mais satisfatórios. Este resultado pode ser atribuído à composição do EM, uma vez que no produto comercial, apresenta em seu conteúdo microrganismos que foram selecionados e com efeito benéfico comprovado. Nos EM da mata e do bambu, não existe controle de quais microrganismos estão sendo aplicados, assim como da concentração do produto final. Nas variáveis relacionadas ao peso de grãos, o EM da mata foi superior ao EM do bambu nos tratamentos adubados com o Composto Orgânico e com o Composto Organomineral.

Algumas hipóteses possíveis para esse resultado seria uma possível superdosagem dos produtos, ou então que os EM não foram capazes de interagir com as plantas ou com o solo de forma benéfica. Além disso, as condições ambientais podem não ter sido favoráveis para a sua atividade.

Os EM são um conjunto de bactérias, fungos e leveduras que podem promover o crescimento vegetal, a decomposição da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes, o controle de pragas e doenças, entre outros benefícios, e também produzem através de seu metabolismo, moléculas reguladoras de crescimento (Casali, 2020), que em altas concentrações podem apresentar efeito fitotóxico. No entanto, a eficácia dos EM depende de vários fatores, como a origem, a qualidade, a dose, o modo de aplicação, o tipo de cultura, o tipo de solo, o clima, a época do ano, entre outros (Silva; Cordeiro; Rocha, 2022). Portanto, é possível que os EM utilizados na pesquisa não tenham sido adequados para a cultura da aveia, ou que tenham sido afetados por algum desses fatores.

Esses resultados podem refletir as diferenças na composição e na origem dos EM, que podem interferir na sua adaptação e na sua ação sobre as plantas e o solo (Avila *et al.*, 2021; Silva; Cordeiro; Rocha, 2022). Assim, a escolha do EM mais adequado para a cultura da aveia dependerá do objetivo do produtor e das condições ambientais. Observa-se na avaliação referente ao maior comprimento do limbo foliar, que a aplicação das diferentes fontes de EM resulta em maiores comprimentos foliares, o que pode ser explicado por um mecanismo de compensação da planta para aumentar a superfície foliar, aumentando por sua vez a taxa fotossintética e a eficiência da metabolização dos constituintes que possivelmente estariam em excesso no solo (Santos, 2011).

4 CONCLUSÕES

O Composto Organomineral pode ser utilizado em substituição à adubação química. A aplicação do remineralizador na condição deste trabalho não é indicada. A inoculação do E.M. comercial aparenta influenciar positivamente no crescimento das plantas de aveia, ou pelo menos não exerce efeito negativo. Os EM da mata e do bambu, inoculados nestas condições foram prejudiciais.

REFERÊNCIAS

ALFONSO, C. W. **Características biométricas de colmos e raízes de plantas de cevada e aveia relacionadas à suscetibilidade ao acamamento**. 2004. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em:

<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4314/000455129.pdf?sequence=1>. Acesso em: 18 fev. 2024.

ALMEIDA, M. J. *et al.* Reposição deficitária de água e adubação com organomineral no crescimento e produção de tomateiro industrial. **Irriga**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 69-85, mar. 2019. Disponível em:

<https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/download/2898/2472/15056>. Acesso em: 13 fev. 2024.

APARECIDO, L. E. D. O. *et al.* Análise climática para a região de Muzambinho - MG. *In: WORKSHOP DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO PAULA SOUZA*, 9., 2014, São Paulo. **Anais [...]**. Análise climática para a região de Muzambinho - MG, São Paulo: Centro Paula Souza, 2014, p. 97-104.

APARECIDO, L. E. de O.; SOUZA, P. S. **Boletim Climático N° 118 Janeiro de 2023**. 118. ed. Muzambinho: Ifsuldeminas, 2023b. 6 p. Disponível em:

https://www.muz.ifsuldeminas.edu.br/images/2023/02/PDF/Boletim_Climatico_N.118_jan_23_final.pdf. Acesso em: 05 fev. 2024.

APARECIDO, L. E. de O.; SOUZA, P. S. **Boletim Climático N° 119 Fevereiro de 2023**. 118. ed. Muzambinho: Ifsuldeminas, 2023a. 6 p. Disponível em:

https://www.muz.ifsuldeminas.edu.br/images/2023/03/PDF/Boletim_Climatico_N.119-fev-23-final.pdf. Acesso em: 05 fev. 2024.

AVILA, G. M. de A. *et al.* Utilização de microrganismos eficientes na agricultura. *In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA DA UNICESUMAR*, 12., 2021, Brasil. **Anais [...]**. Brasil: Unicesumar, 2021. p. 1-11. Disponível em:

<https://www.unicesumar.edu.br/anais-epcc-2021/wp-content/uploads/sites/236/2021/11/344.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2024.

BEVILAQUA, G. P. *et al.* **Adubação verde na agricultura sustentável**. Embrapa, [s. l], v. 1, n. 1, p. 27-29, nov. 2022. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1148421/alternativas-para-diversificacao-da-agricultura-familiar-de-base-ecologica---2022>. Acesso em: 06 nov. 2023.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: safra 2023/2024, primeiro levantamento**. Brasil: Superintendência de Marketing e Comunicação (Sumac); Gerência de Eventos e Promoção Institucional (Gepin), 2023. 118 p. Disponível em:

<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 06 nov. 2023.

BRASIL. Empresa Brasileira de Agropecuária - EMBRAPA. **A Aveia no Mundo**. 2012. Disponível em:

[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do136_2.htm#:~:text=Os%20maiores%20produtores%20mundiais%20de,Estados%20Unidos%20\(Tabela%204\)..](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do136_2.htm#:~:text=Os%20maiores%20produtores%20mundiais%20de,Estados%20Unidos%20(Tabela%204)..) Acesso em: 06 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Portaria MAPA n.º 52, de 15 de Março de 2021**. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção e as listas de substâncias e práticas para o uso nos Sistemas Orgânicos de Produção. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Brasília, DF, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Preparo de Microrganismos Eficientes (E.M)**. Brasil, 2016. Disponível em: www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/organicos. Acesso em: 4 jul. 2022.

CASALI, V. W. D. **CADERNO DOS MICRORGANISMOS EFICIENTES (E.M.)**. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2020. 31p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS). **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2004.

HÖFIG, Pedro *et al.* Avaliação da qualidade de um fertilizante produzido por compostagem conjunta de materiais orgânicos e rochas moídas. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente - RAMA**, Maringá, v. 15, n. 3, p. 1-18, jul. 2022. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/issue/view/243>. Acesso em: 13 fev. 2024.

INSTITUTO BRASIL ORGÂNICO (Brasil). **Portaria 52 de 2021 do Ministério da Agricultura**. Disponível em: <https://institutobrasilorganico.org/>. Acesso em: 09 dez. 2023.

ISHIMURA, I. *et al.* **Olericultura orgânica: compostagem**. São Paulo: SENAR/SP, 2006. 4p.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México, Fondo de Cultura Economica, 1948. 474p.

KORIN. **Tecnologias que vivificam o solo e preservam o meio ambiente**. 2024. Disponível em: <https://korinagricultura.com.br/>. Acesso em: 22 fev. 2024.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-77, 1962.

MARTINS, E. de S.; HARDOIM, P. R.; MARTINS, É. de S. Efeito da aplicação dos remineralizadores no solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 44, n. 321, p. 49-56, 06 fev. 2023. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1156814/1/Eder-efeito-da-aplicacao-dos-remineralizadores-no-solo.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2024.

MARQUES, A. C. R. *et al.* Desempenho da mistura de aveia preta e azevém em função da adubação orgânica e mineral. **Revista Ceres**, v. 61, p. 112-120, 2014.

MELO, A. V. *et al.* Extração de nutrientes e produção de biomassa de aveia-preta cultivada em solo submetido a dezoito anos de adubação orgânica e mineral. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 411-420, abr. 2011. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/17993>. Acesso em: 13 fev. 2024.

PEREIRA, D. C.; WILSEN NETO, A.; NÓBREGA, L. H. Adubação orgânica e algumas aplicações agrícolas. **Revista Varia Scientia Agrárias**, v. 3, n. 2, p. 159-174, 2013.

ROSSETTO, C. A. V.; NAKAGAWA, J. Época de colheita e desenvolvimento vegetativo de aveia preta. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 731-736, 2001.

SANTOS, B. G. **Árvores de estuário apresentam assimetria foliar em resposta a estresse por salinidade?** 2011. Curso de Pós-Graduação em Ecologia - Universidade de São Paulo. Disponível em: https://ecologia.ib.usp.br/curso/2011/pdf/bianca_santos.pdf. Acesso em: 13 fev. 2024.

SANTOS, L. C. R. *et al.* Ambientes protegidos e substratos com doses de composto orgânico comercial e solo na formação de mudas de Jatobazeiro em Aquidauana-MS. **Engenharia Agrícola**, [s. l.], v. 31, n. 2, p. 249–259, 2011.

SILVA, A. L.; CORDEIRO, R. S.; ROCHA, H. C. R. Aplicabilidade de Microrganismos Eficientes (ME) na Agricultura: uma revisão bibliográfica. **Research, Society And Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/25054/21926/293932>. Acesso em: 13 fev. 2024.

SILVA, M. A. G. *et al.* Manejo da adubação nitrogenada e influência no crescimento da aveia preta e na produtividade do milho em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, p. 275-281, 2009.

SILVA, R. G. *et al.* Adubação orgânica e química na cultura do trigo. **Revista Cultivando o Saber**, v. 12, n. 3, p. 54-61, 2019.

THORNTWAITE, C. W. n approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, n. 1, p. 55–94, 1948. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/415/906>. Acesso em: 5 jul. 2022.

ZONTA, E.; STAFANATO, J. B.; PEREIRA, M. G.. **Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais.** *In*: BORGES, A. L. Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2021. p. 263-303. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/227063/1/cap14-livro-RecomendacaoCalagemAdubacao-AnaLuciaBorges-AINFO.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2024.