# UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE – CEO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA- PPGZOO

#### **KARINA ROSALEN**

EFEITO DE REMINERALIZADOR NA QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO,
PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA E ANÁLISE
ECONÔMICA DE TRIGO DUPLO PROPÓSITO

CHAPECÓ 2023

#### KARINA ROSALEN

# EFEITO DE REMINERALIZADOR NA QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO, PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA E ANÁLISE ECONÔMICA DE TRIGO DUPLO PROPÓSITO

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Orientador: Prof. Dr. Dilmar Baretta

CHAPECÓ 2023

# Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da Biblioteca Universitária Udesc,

com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Rosalen, Karina

EFEÍTO DE REMINERALIZADOR NA QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO, PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA E ANÁLISE ECONÔMICA DE TRIGO DUPLO PROPÓSITO / Karina Rosalen. -- 2023. 113 p.

Orientador: Dilmar Baretta

Coorientadora: Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta

Coorientador: Marcel Manente Boiago

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Chapecó, 2023.

Qualidade do solo. 2. Integração Lavoura-Pecuária. 3.
 Olivina melilitito. 4. Fauna do solo. 5. Viabilidade econômica.
 I. Baretta, Dilmar . II. Riviera Duarte Maluche Baretta,
 Carolina. Manente Boiago, Marcel. III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Titulo.

#### KARINA ROSALEN

# EFEITO DE REMINERALIZADOR NA QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO, PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA E ANÁLISE ECONÔMICA DE TRIGO DUPLO PROPÓSITO

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Orientador: Prof. Dr. Dilmar Baretta

#### **BANCA EXAMINADORA**

Membros:

Dilmar Baretta, Dr.

Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc)

Daniel Augusto Barreta, Dr.
Universidade do Oeste de Santa Catarina (Unoesc)

Karen Döering Brustolin, Dra.
Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó)

Chapecó, 27 de julho de 2023.



#### **AGRADECIMENTOS**

Não há conquistas fáceis, são as estradas sinuosas que nos levam ao caminho certo. Ao longo desses dois anos encontrei pessoas que tornaram a caminhada mais leve e significativa, seja pela ajuda, pela companhia, pelo apoio ou pelo carinho. A elas eu agradeço imensamente.

Aos meus pais e a minha irmã, agradeço por estarem sempre presentes e, por entenderem a minha ausência em certos momentos, foi graças ao incentivo e ao apoio que recebi durante todos esses anos, que hoje, posso celebrar mais uma conquista na minha vida. Sou e serei eternamente grata a vocês, que são a minha base e meu maior exemplo.

Aos meus queridos amigos e colegas do melhor Laboratório de Solos: Flávia, Brenda, João, Leonardo, Larissa, Edivan e, em especial ao Ícaro, não tenho palavras para agradecer toda ajuda que recebi durante esse período, obrigada por me acompanharem nessa jornada, por passarem dias inteiros (e algumas noites) cortando forragem, coletando solo, fazendo aplicações à campo e triagem de organismos. Sem vocês eu não teria conseguido. Meus sinceros agradecimentos.

Ao Luís e ao Daniel, por todos os ensinamentos, conselhos e ajuda na execução, na escrita e nas análises. A Profa. Dra. Carolina e aos colegas Jardel e Edpool, pelo espaço e por toda ajuda durante o experimento.

A UDESC e todos os servidores, colegas e professores do PPGZOO, em especial ao meu orientador Prof. Dr. Dilmar Baretta, que concedeu essa oportunidade, agradeço pelos ensinamentos e orientações durante esses dois anos de mestrado.

Ao programa UNIEDU/FUMDES pela concessão da bolsa de estudos, o apoio foi fundamental para execução deste projeto e para que eu pudesse me dedicar integralmente as atividades de pesquisa.

Ao CNPq e ao PAP-UDESC/FAPESC pelos recursos financeiros repassados ao Grupo de Pesquisa Solos e Sustentabilidade.

As empresas Cooperval, Dinamisa Mineração S.A e grupo Bioma, Simbiose e Microquímica pela colaboração com os insumos utilizados nesta pesquisa e a todos aqueles, que de alguma forma, colaboraram com a realização deste projeto.

"O papel dos infinitamente pequenos é infinitamente grande." (Louis Pasteur)

#### **RESUMO**

Na busca por sistemas sustentáveis o uso de remineralizadores de solo vêm se destacando como uma alternativa viável, entretanto, é preciso estudar os impactos sobre a qualidade biológica do solo e sua influência no desenvolvimento de cereais de dupla aptidão. O estudo teve por objetivo determinar o efeito do remineralizador sobre a diversidade da fauna edáfica e sua relação com a produtividade e qualidade químico-bromatológica de pastagem e grãos de trigo duplo propósito (Triticum aestivum L.), bem como a viabilidade econômica da utilização desse insumo. Para isso foram utilizados os seguintes tratamentos: T0: controle; T1: 100 % do N-P-K; T2: adubação somente com remineralizador; T3: 75 % do N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + Azospirillum spp.; T5: 75 % do N-P-K + remineralizador + Bacillus spp.; T6: 75 % do N-P-K + Azospirillum spp.; T7: 75 % do N-P-K + Bacillus spp. A fauna edáfica foi amostrada em duas épocas do ano por meio de armadilhas de queda, sendo que nos mesmos pontos foram coletadas amostras de solo para variáveis explicativas (atributos químicos e microbiológicos do solo). A cultura do trigo foi submetida aos tratamentos de um ou dois cortes durante o ciclo vegetativo para estimar a produtividade de forragem, rendimento de grãos, produção de leite e índices econômicos. Os grupos mais frequentes foram Collêmbola, Formicidae e Acarina. A utilização de remineralizador proporcionou maior índice de diversidade de grupos na segunda época de coleta, bem como o estabelecimento das populações de Collembola na primeira época. A produção de matéria seca e a produção de leite nos tratamentos com uso de remineralizador igualaram-se a adubação química em ambos os sistemas de corte. A forragem cortada duas vezes diminuiu o rendimento de grãos, contudo o uso de remineralizador nos tratamentos T2 e T3 igualou-se a adubação química. O tratamento T2 com uso de remineralizador apresentou o melhor retorno econômico independente do sistema de cortes, concluindo que o remineralizador pode ser utilizado como fonte alternativa de nutrientes para a cultura do trigo duplo propósito e que seu efeito é decorrente do tempo de aplicação no solo.

**Palavras-chave:** Qualidade do solo; Integração Lavoura-Pecuária; Olivina melilitito; Fauna do solo; Viabilidade econômica.

#### **ABSTRACT**

In the search for sustainable systems, the use of remineralizers has been highlighted as a viable alternative, however, it is necessary to study the impacts on the biological quality of the soil and its influence on the development of dual purpose cereals. The study aims to evaluate the biological quality of the soil, the yield, the chemicalbromatological composition of the dual purpose wheat (Triticum aestivum L.) and the economic viability of the production system. For this, the following treatments were used: T0: control; T1: 100 % of N-P-K; T2: Fertilization only with remineralizer; T3: 75 % of N-P-K + remineralizer; T4: 75 % of N-P-K + remineralizer + Azospirillum spp.; T5: 75 % of N-P-K + remineralizer + Bacillus spp.; T6: 75 % of N-P-K + Azospirillum spp.; T7: 75 % of N-P-K + Bacillus spp. The soil fauna was sampled at two times of the year using pitfall traps, and soil samples were collected at the same points for explanatory variables (chemical and microbiological attributes of the soil). The wheat crop was subjected to one or two cut treatments during the growing season to estimate forage productivity, grain yield, milk production and economic indices. The most frequent groups were Collembola, Formicidae and Acarina. The use of a remineralizer provided a higher level of group diversity in the second collection period, as well as the establishment of Collembola laws in the first period. Dry matter production and milk production in treatments using remineralizer were equal to chemical fertilization in both cutting systems. Forage cut twice reduced grain yield, however the use of remineralizer in treatments T2 and T3 was equal to chemical fertilization. The T2 treatment using a remineralizer presented the best economic return regardless of the cutting system, concluding that the remineralizer can be used as an alternative source of nutrients for dual-purpose wheat crops and that its effect is due to the time of application to the soil

**Keywords:** Soil quality; Crop-Livestock Integration; Olivine mellilitite; Soil fauna; Economic viability.

#### **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Área experimental36
Figura 2 – Croqui de distribuição dos tratamentos na área experimental38
Figura 3 – Frequência relativa dos principais grupos da fauna edáfica capturados na
primeira época (E1) (A) e na segunda época (E2) (B) nos diferentes tratamentos45
Figura 4 – Frequência relativa dos principais grupos da fauna edáfica capturados
nos diferentes tratamentos. Média independente da época de coleta (IE)46
Figura 5 – Dendrograma apresentando a distância de ligação referente aos
organismos da fauna edáfica (A), em diferentes tratamentos (B) na primeira época
de coleta (E1)48
Figura 6 – Dendrograma apresentando a distância de ligação referente aos
organismos da fauna edáfica (A), em diferentes tratamentos (B) na segunda época
de coleta (E2)49
Figura 7 – Dendrograma apresentando a distância de ligação referente aos
organismos da fauna edáfica (A), em diferentes tratamentos (B) na segunda época
de coleta (E2)50
Figura 8 – Relação entre a componente principal 1 (CP1) e componente principal 2
(CP2) da Análise de Componentes Principais (ACP) dos grupos da fauna edáfica
(setas azuis) e sua relação com os tratamentos (setas cinzas) e variáveis ambientais
(setas vermelhas) na primeira época de coleta (E1)52
Figura 9 – Relação entre a componente principal 1 (CP1) e componente principal 2
(CP2) da Análise de Componentes Principais (ACP) dos grupos da fauna edáfica
(setas azuis) e sua relação com os tratamentos (setas cinzas) e variáveis ambientais
(setas vermelhas) na segunda época de coleta (E2)53
Figura 10 – Relação entre a componente principal 1 (CP1) e componente principal 2
(CP2) da Análise de Componentes Principais (ACP) dos grupos da fauna edáfica
(setas azuis) e sua relação com os tratamentos (setas cinzas) e variáveis ambientais
(setas vermelhas) independente da época de coleta (IE)55
Figura 11 – Índices de diversidade de Shannon (H) e Simpson (Is) referentes aos
organismos da fauna edáfica em diferentes tratamentos na primeira época de coleta
(E1)(A) e na segunda (E2) (B)56

Figura 12 – Índices de diversidade de Shannon (H) e Simpson (Is) referentes aos
organismos da fauna edáfica em diferentes tratamentos independente da época de
coleta (IE)57
Figura 13 – Produção de MS por área e custo operacional efetivo (COE) por Kg de
MS (A); produção de leite e receita bruta por real investido (B) com um corte nos
diferentes tratamentos61
Figura 14 – Produção de MS por área e custo operacional efetivo (COE) por Kg de
MS (A); produção de leite e receita bruta por real investido (B) com dois cortes nos
diferentes tratamentos63
Figura 15 – Produção de MS por área e custo operacional efetivo (COE) por Kg de
MS (A); produção de leite e receita bruta por real investido (B). Média geral64
Figura 16 – Receita Bruta (RB), Margem Bruta (MB) e Receita Líquida (RL) da
produção de grãos com sistema de um (A) e dois (B) cortes nos diferentes
tratamentos69
Figura 17 – Receita Bruta total do sistema (RB total) e sobras (SB) por área com um
corte (A) e dois cortes (B). Somatório da produção de leite e grãos nos diferentes
tratamentos70
Figura complementar 1 – Preço médio de venda dos últimos três anos (2020, 2021,
2022) para o trigo grão e leite in natura no Estado de Santa Catarina, BR111
Figura complementar 2 – Precipitação, Temperatura máxima (Temp. Max),
Temperatura mínima (Temp. Min) e Temperatura média (Temp. Med) mensurada
pela estação automática A839 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)
durante o ciclo de cultivo do trigo duplo propósito111
Figura complementar 3 – Coleta de amostras da pastagem pelo método do
quadrado (A). Diferença entre cortes na parcela (B). Registro da ocorrência de
ferrugem da folha (C). Roçada manual simulando pastejo (D). Rebrote após primeiro
corte (E). Separação manual de grãos (F). Triagem da fauna edáfica (G)112

### **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Composição mineralógica e química da Olivina Melilitito37
Tabela 2 – Índices de Riqueza e Dominância da fauna edáfica nas épocas E1 e E2 e
Independente da época (IE) em diferentes tratamentos58
Tabela 3 – Custo operacional efetivo da produção de pastagem (COE), produção de
leite por tonelada de matéria seca (PL/MS), produção de leite por área (PLA) e renda
bruta por área (RBA) com um corte (I), dois cortes (II) e média geral (MG) nos
diferentes tratamentos59
Tabela 4 – Tabela 4 – Níveis de proteína bruta (PB) e de fibras em detergente ácido
(FDA) e fibra em detergente neutro (FDN) obtidos na análise químico-bromatológica
da pastagem nos diferentes tratamentos, independente do manejo de cortes65
Tabela 5 – Níveis de proteína bruta (PB), amido, extrato etéreo (EE) e nutrientes
digestíveis totais (NDT) obtidos na análise químico-bromatológica nos diferentes
tratamentos, independente do manejo de cortes66
Tabela 6 – Rendimento de grãos (PG) e receita bruta por área (RBA) com um (I) e
dois cortes (II) nos diferentes tratamentos67
Tabela 7 – Rendimento de grãos (RG) e receita bruta por área (RBA). Média geral
do sistema nos diferentes tratamentos68
Tabela complementar 1 – Descrição dos custos variáveis considerados na produção
de pastagem e de grãos do trigo duplo propósito conforme os tratamentos
estudados109
Tabela complementar 2 – Teor de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio
(Mg), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Ferro (Fe) e Manganês (Mn), Matéria orgânica (MO),
capacidade de troca catiônica (CTC), potencial hidrogeniônico (pH), saturação de
bases (SB) e acidez potencial (AP) do solo110

#### LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Aca Acarina
Ara Aranae
Ari Arilsulfatase
C Carbono
Ca Cálcio

CEPEA Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

CONAB Companhia Nacional de Abastecimento

COE Custo Operacional Efetivo

Col Colêmbolo
Cpt Coleoptera

CTC Capacidade de Troca de Cátions

Dip Diplura
Dit Diptera

E1 Primeira época de coleta E2 Segunda época de coleta FDA Fibra em Detergente Ácido FDN Fibra em Detergente Neutro

For Formicidae

HAL Acidez Potencial

Hem Hemiptera Hym Hymenoptera

IE Independente da época de coleta ILP Integração Lavoura-Pecuária

KCL Cloreto de Potássio

Mg Magnésio

MO Matéria Orgânica MS Matéria Seca N Nitrogênio

NRC National Research Council

Ort Orthoptera

Out Outros Indivíduos

P Potássio

PB Proteína Bruta

PL/MS Produção de Leite por tonelada de Matéria Seca

PL Produção de Leite

Pso Psocoptera

pH Potencial hidrogeniônico

RB Receita Bruta

RBA Receita Bruta por área

Si Silício

Thy Thysanoptera

Udesc Universidade do Estado de Santa Catarina

USDA Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	A CULTURA DO TRIGO	17
2.1.1	Trigo duplo propósito	19
2.1.2	Exigências nutricionais da cultura do Trigo	20
2.2	USO DE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA	21
2.2.1	Remineralizadores de solo	22
2.2.1.1	Olivina melilitito	25
2.3	QUALIDADE DO SOLO	26
2.3.1	Atividade enzimática	28
2.3.2	Fauna do solo	29
2.3.2.1	Macrofauna	30
2.3.2.2	Mesofauna	32
2.3.2.3	Microfauna	33
2.4	VIABILIDADE ECONÔMICA	33
3	METODOLOGIA	36
3.1	CARACTERÍSTICAS DA ÁREA E TRATAMENTOS	36
3.2	COLETAS E AVALIÇÕES	39
3.2.1	Qualidade biológica do solo	39
3.2.2	Análise químico-bromatológica e produtividade	41
3.2.3	Estimativa da produção de leite + grãos e análise de custos	42
4	RESULTADOS	44
4.1	FAUNA EDÁFICA	44
4.2	PRODUÇÃO DE PASTAGEM E ANÁLISE ECONÔMICA	58
4.3	RENDIMENTO DE GRÃOS E VIABILIDADE ECONÔMICA	65
5	DISCUSSÃO	71
5.1	FAUNA EDÁFICA	71
5.2	PRODUÇÃO DE PASTAGEM E ANÁLISE ECONÔMICA	74
5.3	RENDIMENTO DE GRÃOS E VIABILIDADE ECONÔMICA	78
6	CONCLUSÃO	82
	REFERÊNCIAS	83
	ANEXO A - TABELAS COMPLEMENTARES	109
	ANEXO B - FIGURAS COMPLEMENTARES	111

### 1 INTRODUÇÃO

A Região Sul do Brasil possui condições climáticas adversas à produção de pastagem de gramíneas tropicais durante o período de outono-inverno. A ocorrência de geadas e baixas temperaturas diminuem a oferta e a qualidade das pastagens comprometendo a eficiência do sistema produtivo (CARVALHO et al., 2016; FONSECA; MARTUSCELLO, 2022; LUPATINI et al., 2013).

Além disso, o surgimento da pandemia ocasionou a instabilidade de preços dos principais produtos agrícolas, especialmente do milho, o qual é utilizado como fonte energética na formulação de dietas animal (LEITE et al., 2021; SANTOS et al., 2021). Essa variação ameaça a competitividade e a rentabilidade dos sistemas de criação animal, que buscam por alternativas viáveis de substituição de insumos com o intuito de reduzir os custos da produção.

Tendo em vista a importância da produção animal para o Sul do país, a utilização dos cereais de inverno de duplo propósito, a exemplo do trigo (*Triticum aestivum*), apresentam grande potencial a ser explorado no cenário atual.

O trigo duplo propósito se sobressai como uma alternativa econômica para os sistemas produtivos devido a característica de dupla finalidade, que permite a produção de pastagem e grãos proporcionando a integração de atividades dentro da propriedade e o melhor aproveitamento das terras agrícolas, além de garantir a produção animal no período crítico do ano e de possibilitar a substituição do milho na formulação de dietas pelo alto valor energético dos grãos (CARVALHO et al., 2016; PAIANO et al., 2014; SANTOS et al., 2020).

No entanto, o sucesso na utilização de qualquer que seja a espécie forrageira depende dos métodos de manejo adotados, incluindo os meios de adubação no solo, já que essas espécies demandam uma quantidade elevada de nutrientes para expressar o máximo potencial produtivo (AGUINAGA et al., 2008).

A adubação com fertilizantes minerais solúveis é frequentemente realizada para aumentar a produtividade das culturas pela rápida liberação dos nutrientes na solução do solo (ALOVISI et al., 2020), consequentemente, o uso de fertilizantes tem se intensificado nos últimos anos, aumentando a dependência em relação às importações desse insumo (BARROS; RIBEIRO, 2021). O preço dos fertilizantes teve um aumento significativo nos últimos anos, elevando o custo de produção das culturas (CALIGARIS et al., 2022; LUCHESE et al., 2021).

Nesse sentido, o setor agrícola tem buscado por modelos de produção mais sustentáveis no intuito de reduzir a dependência externa e o custo de produção pelo uso exclusivo de fertilizantes solúveis (LAJÚS et al., 2021; LUCHESE et al., 2021).

Recentemente, há uma valorização ao uso de rochas como complemento ou substituição aos fertilizantes minerais solúveis (ALOVISI et al., 2020; GALINA, 2023). Tais rochas são moídas e utilizadas como fonte alternativa de liberação gradual de nutrientes, já que esses materiais possuem baixa solubilidade em comparação aos fertilizantes convencionais (COLA; SIMÃO, 2012).

Nesse sentido, diversos grupos de organismos benéficos, especialmente os fungos e bactérias, que vivem no solo em simbiose com as plantas, possuem a capacidade de acelerar o intemperismo das rochas e disponibilizar os nutrientes às plantas (BRANDÃO et al., 2014; CARA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2022).

A prática da rochagem ou remineralização é uma tecnologia nova, que pode fornecer os nutrientes necessários e beneficiar o meio ambiente, promovendo o equilíbrio químico e biológico do solo (WRITZL et al., 2019).

O solo se destaca como um recurso imprescindível para a produção de alimentos, fornecendo nutrientes, água e sustentação para o desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2020). Quando nos referimos ao uso de organismos do solo com o intuito de obter maiores produtividades, a fauna edáfica é um componente fundamental, mas que recebe pouca atenção (BARETTA et al., 2011; MARTINS et al., 2022).

Os organismos presentes no solo estão diretamente envolvidos nos processos de fragmentação e incorporação da matéria orgânica, melhoria da fertilidade, porosidade, agregação, infiltração de água e funcionamento biológico do solo, sendo capazes de alterar a disponibilidade de nutrientes às plantas (BALOTA, 2018; BARETTA et al., 2003; BERUDE et al., 2015; MOREIRA et al., 2018).

Apesar da potencialidade da utilização dos remineralizadores, a maioria dos estudos são relacionados a mudanças nas propriedades químicas do solo e no desempenho produtivo das culturas.

À vista disso, o objetivo desse estudo foi determinar o efeito do remineralizador sobre a diversidade da fauna edáfica e sua relação com a produtividade e qualidade químico-bromatológica de pastagem e grãos de trigo duplo-propósito, bem como a viabilidade econômica da utilização desse insumo.

#### 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 A CULTURA DO TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é pertencente da família botânica das gramíneas (*Poaceae*) e apresenta características morfológicas muito semelhantes aos demais cereais cultivados no Brasil durante o inverno.

A cadeia produtiva do trigo pode ser divida em duas fases: a primeira iniciouse por volta dos anos 1534 com a introdução das primeiras sementes de trigo na Capitania de São Vicente (São Paulo) (ABITRIGO, 2023). Em meados de 1737 a cultura se difundiu pelo estado do Rio Grande do Sul e adquiriu grande importância econômica. Em 1800 o Brasil já exportava uma quantidade expressiva de trigo, mas o surgimento da ferrugem em 1811 dizimou as lavouras, reduzindo a produção à menos da metade (BRUM; HECK; LEMES, 2004; GARZÃO; MARTINS; COSTA, 2020).

A segunda fase iniciou-se a partir de 1950 com a retomada do plantio incentivado pela modernização da agricultura e pelo Decreto nº 210 criado em 1967, que priorizava o abastecimento do país com o trigo nacional, cujo objetivo principal era incentivar a produção e obter a auto-suficiência do setor. No entanto, em 1990 a Lei nº 8.096/90 extinguiu esse Decreto e privatizou a comercialização (BRUM; HECK; LEMES, 2004), desde então, a cadeia tritícola passou a depender exclusivamente das variações do mercado.

A produção nacional nunca supriu totalmente as necessidades do consumo interno. Em 1988, segundo Campão; Santos e Portela (2021), o Brasil quase atingiu a auto-suficiência, mas em 1990, com a criação da nova Lei, o país reiniciou o aumento das importações em decorrência da queda nos subsídios e dos impostos de importação que facilitaram a entrada do cereal oriundo de outros países, principalmente da Argentina.

Desde então, com a abertura econômica, os altos custos de produção e o baixo incentivo governamental, aliados às condições climáticas desfavoráveis, intensificaram a dependência externa (GARZÃO; MARTINS; COSTA, 2020; SOUZA; VIEIRA FILHO, 2021; CAMPÃO; SANTOS; PORTELA, 2021).

Em relação a produção, na Safra 2022/23 o país atingiu um recorde de 10,4 mil toneladas, desse montante, os estados da Região Sul foram responsáveis por mais

de 90 % da produção nacional devido ao clima favorável da região, destacando-se como um dos principais cultivos de inverno (CONAB, 2023; USDA, 2023).

Apesar do recorde, o volume de produção nacional não é suficiente para atender a demanda interna, que gira em torno de 12,3 mil toneladas, por esse motivo, o Brasil importou 5,8 mil toneladas de trigo no último ano, posicionando-se entre os dez maiores importadores do cereal (CONAB, 2023; USDA, 2023). Esse dado explicase pela grande importância social e econômica da cultura do trigo no país, assim como os demais cereais de inverno, por ser considerado um importante insumo na cadeia alimentar humana e animal (GARZÃO; MARTINS; COSTA, 2020).

Grande parte do trigo cultivado era destinado unicamente à produção de grãos (PITTA et al., 2011) e pouco utilizado na alimentação animal, em razão do alto custo de produção e da disponibilidade de outros insumos (TONISSI et al., 2013).

Recentemente, a instabilidade de preço das commodities, especialmente do milho, ameaçaram a competitividade e a rentabilidade dos sistemas de criação animal, visto que este produto é o principal componente na formulação de dietas (LEITE et al., 2021; SANTOS et al., 2021; SOUZA; SILVEIRA; BALLINI, 2023). Por essa razão, há uma crescente busca por cereais alternativos capazes de substituir o milho na alimentação animal, dentre os quais, o trigo apresenta grande potencial a ser explorado (CARVALHO et al., 2016; SANCHES; KIEFER; GARCIA, 2023).

Além da diversidade de coprodutos resultantes do grão de trigo, existe ainda, a possibilidade de utilização de algumas variedades na produção de silagem ou pastejo, suprindo a escassez de pastagem no período mais crítico do ano, principalmente na Região Sul do Brasil, onde as baixas temperaturas e a ocorrência de geadas durante o período de outono-inverno prejudicam a atividade pecuária, provocando quedas na produção de carne e/ou leite pela redução da oferta e da qualidade das pastagens de estação quente (CARVALHO et al., 2016; MEINERZ et al., 2012; SANTOS et al., 2020).

Essa característica climática reforça o interesse e a necessidade de utilização de espécies adaptadas à estação mais fria (SOARES; PIN; POSSENTI, 2013). Nesse sentido, as variedades de trigo de duplo próposito surgiram como uma alternativa viável para suprir a escassez de pastagem durante esse período, além de proporcionar o melhor aproveitamento da área, possibilitanto ainda, a realização de diferimento para produção de grãos (MARTIN et al., 2010; MENEGOL et al., 2012; ZILIO; PELOSO; MANTOVANI, 2017).

#### 2.1.1 Trigo duplo propósito

Em 2004, a Embrapa Clima Temperado em parceria com a Embrapa Trigo, iniciaram um trabalho conjunto de avalição de alguns genótipos de trigo duplo propósito, que apresentavam características diferenciadas no que se refere a utilização da massa vegetativa no pastejo e/ou ensilagem e na produção de grãos (WENDT; DEL DUCA; CAETANO, 2006).

A principal vantagem de utilização das cultivares de duplo propósito, em comparação as tradicionais, é a antecipação da semeadura em até 40 dias, ofertando pastagem de qualidade durante o inverno e possibilitando o diferimento para produção de grãos. Além disso, a inclusão de cereais com duplo propósito em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) pode ser uma alternativa economicamente viável, pois possibilita a otimização do uso das terras que permanecem ociosas durante o período de outono-inverno no Sul do Brasil. (FONTANELI et al., 2011a, 2019).

Segundo Rebesquini et al. (2020), os sistemas ILP podem ocorrer de diversas formas, as forrageiras que são usadas como plantas de cobertura de solo no inverno, em sucessão aos cultivos anuais, também podem ser utilizadas no pastejo direto ou na forma de forragens conservada (FONTANELI et al., 2019).

A Região Sul tem grande potencial de aumentar as áreas de integração, pelo fato da disponibilidade de pastagens de cereais de inverno de ótima qualidade nutricional. Além do suprimento de forragem por meio do pastejo ou pela conservação na forma de feno e silagem, as cultivares de dupla aptidão permitem a colheita dos grãos, que podem ser utilizadas para suplementação energética dos animais o que pode flexibilizar a carga animal nas áreas (FONTANELI et al., 2011a; REBESQUINI et al., 2020).

Meinerz et. al. (2012) avaliaram a precocidade, produtividadade e características do dossel de cereais de inverno e obtiveram maior produção de pastagem e de biomassa de lâmina foliar nas cultivares de trigo duplo propósito BRS Tarumã e BRS Guatambu. Os autores destacam que a cultivar BRS Tarumã produziu 42 % da massa de forragem na forma de lâminas foliares, caracteristica altamente desejável em uma forrageira, tendo em vista que as folhas são a fração mais nutritiva das plantas. Além disso, através do fornecimento de forragem com alto valor proteico, as cultivares de duplo propósito podem apresentar elevado potencial de produção de

grãos pós-pastejo e colaborar na melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo (SANTOS et al., 2020).

Quanto as características biológicas do solo, são poucos os estudos relacionando o cultivo de trigo com indicadores biológicos. Lucero et. al. (2020) relataram em suas pesquisas que sistemas com plantio de trigo favoreceram a diversidade, abundância e riqueza de organismos da fauna edáfica, indicador importante na avaliação da qualidade do solo.

Para obter bons resultados, algumas técnicas de manejo devem ser adotadas visando o melhor aproveitamento da área e do potencial de produção das cultivares, como por exemplo, a definição do momento de pastejo. A produção de pastagem de trigo duplo propósito é de excelente qualidade, pois apresenta elevado teor de proteína bruta, no entanto, o manejo incorreto dos cortes pode reduzir a qualidade e o rendimento dos grãos (MARTIN et al., 2010; ZILIO; PELOSO; MANTOVANI, 2017).

Nesse aspecto, a maior vantagem da utilização de trigo duplo propósito é a flexibilidade de cultivo, que permite a otimização da produção de pastagem ou grãos, conforme as condições climáticas e de mercado, facilitando o planejamento e proporcionando maior rentabilidade do sistema (MARTIN et al., 2013; QUATRIN et al., 2019).

#### 2.1.2 Exigências nutricionais da cultura do Trigo

O trigo é um dos cereais mais produzidos e consumidos em todo o mundo haja vista a grande relevância na cadeia alimentar, seja ela humana ou animal. Por esse motivo, busca-se a produção de matéria prima de qualidade através de tecnologias mais modernas, aliada a eficiência produtiva e econômica (MATTUELLA et al., 2018; STEFEN et al., 2014).

O potencial de produção da cultura do trigo está relacionado, principalmente, a disponibilidade de macro e micronutrientes durante o ciclo. O nitrogênio (N) é um dos elementos mais importantes no processo de crescimento e desenvolvimento das plantas (TEIXEIRA FILHO et al., 2010), além do mais, a aplicação de N em cobertura é essencial nos estádios que antecedem o período de maior demanda da cultura, como por exemplo, durante o perfilhamento e alongamento do colmo e antes do enchimento de grãos, favorecendo o acúmulo de N e melhorando a taxa de crescimento e produtividade, assim como a qualidade dos grãos (BATISTA et al., 2020; ECCO et al., 2020).

O Potássio (K) é outro nutriente essencial para a cultura, pois está envolvido nos processos energéticos vitais da planta e encontra-se como segundo elemento em maior concentração no tecido vegetal e nos grãos de trigo, inferior apenas do N (DE BONA; MORI; WIETHOLTER, 2016; VIANA; KIEHL, 2010).

A disponibilidade e a proporção adequada entre K e N favorecem os processos de crescimento, desenvolvimento, produtividade, atividade de redutase do nitrato e o teor de clorofila das plantas de trigo (VIANA; KIEHL, 2010).

A aplicação de K favorece a absorção e o transporte de nitrato, estimulando a atividade das enzimas assimiladoras de N (ANJANA; UMAR; IQBAL, 2009). Viana e Kiehl, (2010) observaram que as doses de 251 e 200 mg dm<sup>-3</sup> de N e K, respectivamente, aplicadas em Argissolo promoveram maior produção de massa seca e maior teor de clorofila nas folhas de trigo.

De maneira geral, a maximização da produção tem estimulado a adoção de práticas de manejo mais intensas, principalmente, no que se refere a utilização de fertilizantes. Vale ressaltar a importância da aplicação correta dos fertilizantes, buscando atender não somente a máxima produção das culturas, mas também, às exigências econômicas e ambientais (PAGLIOSA et, 2013; GASPARIN et al., 2017; (MATTUELLA et al., 2018).

#### 2.2 USO DE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA

O Brasil se destaca mundialmente pelo crescente aumento da produção e exportação dos produtos agrícolas. Em 2022, as exportações do agronegócio registraram valores recordes com alta de 33 % em comparação ao ano anterior, totalizando aproximadamente US\$ 160,00 bilhões (CEPEA, 2022).

Ao logos dos anos fatores como condições de solo, avanços da ciência, clima e relevo, tecnologias e inovações (EMBRAPA, 2018; FERREIRA et al., 2022), conjuntamente com a competência dos agricultores, têm contribuído para esse protagonismo brasileiro.

Os fertilizantes se sobressaem dentre as tecnologias de uso mais difundidas no meio agrícola (OGINO et al., 2020) e caracterizam-se como substâncias de origem mineral ou orgânica, cuja capacidade é fornecer nutrientes para o adequado desenvolvimento das plantas.

O Brasil é um dos maiores consumidores de fertilizantes do mundo em consequência do aumento da produção de alimentos para atender a demanda interna e de outros países em desenvolvimento (LAJÚS et al., 2021).

Nos últimos anos o país tem aumentado expressivamente a importação de fertilizantes químicos. De acordo com os dados divulgados pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), em 2021, atingiu-se a marca histórica de 41,6 milhões de toneladas importadas durante o ano. Apesar da ligeira queda em 2022, internalizou-se ainda 38,20 milhões de toneladas, destacando o Cloreto de Potássio (KCL) como o principal fertilizante importado (CONAB, 2023; CEPEA, 2023).

Os números explicam-se, pois, na agricultura moderna a fertilização das plantas é realizada, principalmente, pela aplicação dos fertilizantes químicos solúveis (SILVA D. et al., 2020; TOSCANI; CAMPOS, 2017), tendo em vista que a maioria dos solos brasileiros são ácidos e possuem baixa fertilidade natural (CQFS-RS/SC, 2016), por apresentarem essa característica, exigem que grandes quantidades sejam aplicadas regularmente para suprir a necessidade das plantas (CASTRO; SANTOS; GOMES, 2021; CENTURIÃO et al., 2021) e para atender à crescente demanda, fazse necessário a importação deste insumo, já que a produção interna reduziu consideravelmente (ANDA, 2022; CASTRO; SANTOS; GOMES, 2021).

A grande vantagem da utilização desses fertilizantes é a rápida liberação de nutrientes na solução do solo a curto prazo (LAJÚS et al., 2021; TOSCANI; CAMPOS, 2017), em contrapartida, aplicações em excesso podem ocasionar impactos ambientais negativos, através da lixiviação e volatilização de alguns componentes, prejudicando a qualidade do solo e da água (IFA, 2015).

Este cenário traz consigo preocupações ao setor agrícola que tem direcionado um segmento da pesquisa à busca de fontes alternativas com potencial para fornecer nutrientes às culturas, reduzir custos e promover a sustentabilidade dos sistemas produtivos (ALOVISI et al., 2020; SOUZA, F. et al., 2017; WRITZL et al., 2019).

#### 2.2.1 Remineralizadores de solo

A importância de conservação dos recursos naturais e a necessidade de reduzir a importação de fertilizantes químicos despertou o interesse e a necessidade de estudar modelos de produção mais sustentáveis, que integram o uso de insumos alternativos em substituição ou complementação aos convencionais, com o intuito de

manter o potencial produtivo das culturas e a qualidade do solo (DALMORA et al., 2020; ROSOLEM; PIVETTA, 2017; SILVA D. et al., 2020).

Em razão desse propósito, a utilização de rochas na agricultura tem sido estudada como uma alternativa sustentável para a fertilização dos solos. A prática de rochagem, no termo antigo, visa reduzir os custos de produção e aproveitar os resíduos de pedreiras ou derivados da mineração (DUARTE et al., 2021; LAJÚS et al., 2021; SOUZA; FONTANETTI; LOPES-ASSAD, 2017).

A utilização de rochas na fertilização dos solos recebeu várias denominações, como por exemplo, rochagem, pó de rocha e agrominerais. A terminologia foi alterada para remineralizadores após a publicação da legislação que os reconhece e inclui como uma categoria de insumo destinado a agricultura (SILVA; SANTOS, 2021)

Portanto, de acordo com a Lei Nº 12.890, de 10 de Dezembro de 2013, o remineralizador é um o material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo (BRASIL, 2013).

Devido a sua composição mineral variável, os remineralizadores são capazes de enriquecer solos empobrecidos e recuperar a fertilidade gradualmente (ALOVISI et al., 2020; TAVEIRA et al., 2021). As rochas silicáticas, por exemplo, correspondem a aproximadamente 69 % do material rochoso e são ricas em Silício (Si<sup>+4</sup>), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) (NEVES et al., 2021).

A liberação desses nutrientes na solução do solo é mais lenta, sendo assim, tendo em vista que as plantas são capazes de absorver apenas a quantidade de nutrientes que necessitam para o seu desenvolvimento, o excedente fica retido na estrutura que compõe as rochas, construindo um estoque de nutrientes que serão disponibilizados para os próximos cultivos, evitando uma possível contaminação ambiental (DUARTE et al., 2021; THEODORO et al., 2012).

Há diversas pesquisas que relacionam a utilização dos remineralizadores com a produtividade das culturas e alterações nos atributos físicos e químicos do solo (CASTRO; SANTOS; GOMES, 2021; SILVEIRA et al., 2021) contudo, são escassas em termos biológicos e sua relação com a fauna edáfica.

Resultados encontrados por Toscani e Campos (2017) após um ano de estudo, apontam que o uso de remineralizador contribuiu significativamente para o aumento

dos parâmetros químicos responsáveis pela fertilidade do solo, como a saturação de bases, pH e fósforo disponível, além de reduzir os teores de alumínio. Do mesmo modo, outros trabalhos também demonstram a viabilidade técnica do remineralizador avaliado, puro ou combinado com outros fertilizantes minerais e orgânicos, na redução dos teores de alumínio e como fonte de K, P, Ca e Mg em formas assimiláveis pelas plantas, além de contribuir no aumento do pH, CTC e no desenvolvimento das plantas (CUNHA; ALMEIDA; COELHO, 2022; RIBEIRO, 2018; SILVA H. et al., 2008; SILVEIRA et al., 2021; SOUZA, F. et al., 2017).

Ademais, os remineralizadores originados de rochas silicatadas reduziram a incidência e os danos causados por pragas na cultura do milho (*Zea mays* L.) (RODRIGUES et al., 2018). Em comparação à adubação convencional, o remineralizador reduziu em 79 % a incidência de lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), sendo que a maior severidade de danos foi observada nas plantas adubadas somente com NPK. As plantas que receberam remineralizador, também apresentaram menor incidência de cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*) e vaquinha (*Diabrotica speciosa*) em relação as demais (RODRIGUES et al., 2018).

Na produtividade das culturas, o uso de remineralizador, associado à cama de frango, promoveu o melhor desenvolvimento das plantas e maior produtividade de milho pipoca em comparação a adubação química (WRITZL et al., 2019).

Ao avaliar as características agronômicas da soja (*Glicyne max* L.), Amaral et al. (2021) concluíram que o uso de remineralizador é uma fonte promissora, pois apresentou resultados satisfatórios de produtividade, correspondendo à média obtida com o uso de fertilizantes químicos.

Na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), a mistura de diferentes rochas proporcionou aumento de produtividade de grãos (SILVA; CARVALHO; BORGES, 2022) e incremento na produção de massa seca da parte área com acréscimo de dose e tempo residual de aplicação (SILVA D. et al., 2020).

Benefícios semelhantes também foram observados no desenvolvimento das plantas de milheto (*Pennisetum glaucum*) (SOUZA, F. et al., 2017) e na produtividade de couve (*Brassica oleracea* L. var. acephala) associando o remineralizador com esterco bovino (PEREIRA, M. et al., 2020)

Em contrapartida, alguns estudos não constataram diferenças ou melhorias com o uso de remineralizador. Ferreira, Almeida e Mafra (2009) não verificaram efeito dos tratamentos sobre a produtividade do feijão. Segundo os autores, o resultado se

justifica pelo pouco tempo de reação do produto no solo. As variáveis de produtividade e o desempenho da cultura do milho também não foram afetadas pela utilização do remineralizador (ALOVISI et al., 2020a; ARAUJO et al., 2021). O mesmo ocorreu na cultura da soja, em que as variáveis analisadas por Alovisi et al. (2021) não foram influenciadas pelo uso de remineralizador após dois anos de aplicação.

Outros estudos apontam a vantagem do efeito residual proporcionado pelo uso dessas rochas, que em função do tempo de aplicação no solo, podem alterar atributos físicos e químicos, disponibilizando nutrientes durante todas as fases de crescimento das plantas, contribuindo para a sustentabilidade do sistema (CUNHA; DE ALMEIDA; COELHO, 2022; RAMOS et al., 2015; SILVEIRA et al., 2021; TOSCANI; CAMPOS, 2017).

Neste sentido, pode-se considerar que os remineralizadores de solo são fonte alternativa de nutrientes, no entanto, depende da composição da rocha, da granulometria do material e das condições do solo (ALOVISI et al., 2020b), para isso, destaca-se a importância de outras pesquisas, direcionadas também à biologia do solo, para comprovar o potencial, a eficiência e a viabilidade de uso dos remineralizadores como fonte alternativa de nutrientes (VIANA; CAITANO; PONTES, 2021).

#### 2.2.1.1 Olivina melilitito

Devido à grande diversidade de rochas, muitas delas têm sido pouco estudadas no que concerne a sua composição química e mineralógica, bem como seu potencial em melhorar os atributos do solo (CUNHA; ALMEIDA, 2021).

O estudo dessas rochas pode disponibilizar ao setor agrícola, uma alternativa local viável e sustentável para fertilizar os solos (AQUINO et al., 2020). As principais rochas que estão sendo testadas são fontes naturais de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e de alguns micronutrientes, a exemplo da olivina melilitito (RAMOS et al., 2022; THEODORO et al., 2012).

Na caracterização de rochas destinadas ao processo de remineralização dos solos, é indispensável observar as exigências da legislação e quantificar os elementos principais, assim como a presença de elementos potencialmente tóxicos, para não infringir os limites estabelecidos em normativa (DALMORA et al., 2020).

As rochas compostas pelo mineral olivina melilitito apresentam teores expressivos de P, K, Ca e Mg e baixos teores de elementos tóxicos, podendo contribuir

na melhoria das características químicas do solo, como redução do pH pela presença de óxidos de Ca (CaO) e Mg (MgO) em sua composição, demonstrando potencial para ser utilizada como matéria-prima na produção de um remineralizador multinutrientes (ALMEIDA et al., 2022; BARBOSA et al., 2012; MAZZEO et al., 2021; MINISSALE et al., 2019; RIBEIRO, 2018).

Cunha e Almeida (2021) comprovaram por meio de análises químicas, mineralógicas e petrográficas, que o pó de olivina melilitito atende aos requisitos básicos para sua classificação como remineralizador de solo. Os mesmos autores destacam a melhoria da fertilidade do solo e o aumento no rendimento das culturas pelo uso de olivina melilitito.

Os nutrientes presentes na solução do solo podem ser derivados de fontes geológicas naturais (rochas) ou de fontes químicas artificiais (fertilizantes) (MANNING; THEODORO, 2020). No geral, a solubilização dos nutrientes contidos nas rochas é mais lenta e demorada em comparação aos fertilizantes químicos solúveis (THEODORO et al., 2012).

Apesar da olivina melilitito apresentar em sua composição minerais com taxa de solubilização mais rápida (RESENDE et al., 2006; RIBEIRO, 2018), a utilização de organismos benéficos associados ao remineralizador pode ser alternativa promissora para acelerar o processo de intemperização das rochas e disponibilizar os nutrientes essenciais de forma rápida às plantas (CHAGAS JUNIOR et al., 2022; LOPES et al., 2021).

Devido a capacidade de atuar em diversos processos bioquímicos, algumas bactérias, como as do gênero *Bacillus* spp. e *Azospirillum* spp., desempenham funções essenciais no solo e são capazes de solubilizar os nutrientes, facilitando a absorção dos elementos pelas plantas (BALOTA, 2018; GUIMARÃES, V. et al., 2021; RAMÍREZ et al., 2014).

Portanto, a associação dessas bactérias com o remineralizador pode apresentar benefícios ao sistema, resultando em incrementos na produtividade das culturas (GUIMARÃES, V. et al., 2021; MILLÉO; CRISTÓFOLI, 2016).

#### 2.3 QUALIDADE DO SOLO

O solo é um recurso natural, vivo, dinâmico e essencial para a produção de alimentos, mas que também serve de habitat para milhares de organismos que contribuem para o funcionamento do ecossistema. Nesse entendimento, o uso

indiscriminado pode provocar sérios prejuízos às espécies que ali habitam, fazendose necessário o monitoramento e a preservação da sua integridade (SILVA, M. et al., 2021).

A qualidade do solo é um fator primordial para o desenvolvimento das espécies e pode mudar ao longo dos anos em áreas cultivadas (LIMA, et al., 2007; MORAIS et al., 2019; SILVA M. et al., 2021). Há muito tempo se discute a importância do cuidado com o solo e o efeito que as ações, sejam elas naturais ou antrópicas, produzem sobre o funcionamento de um ecossistema (DORAN; PARKIN, 1996; SILVA D. et al., 2020).

Entende-se por qualidade do solo a capacidade deste em funcionar dentro dos limites do ecossistema, visando sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde de plantas e animais, de modo que estes atributos podem ser indiretamente avaliados por meio de alguns indicadores (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; BARETTA et al., 2011; DORAN; PARKIN, 1994).

Os indicadores podem ser utilizados para definir a capacidade do sistema em se manter e detectar possível alterações que ocorrem ao longo do tempo (SILVA M. et al., 2021). A escolha dos indicadores é determinada através da finalidade de uso do solo e devem elucidar os processos que ocorrem no ecossistema, integrando as propriedades físicas, químicas e biológicas de maneira acessível e aplicável as condições de campo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; ARAÚJO et al., 2012 DORAN; PARKIN, 1994).

Alguns indicadores foram propostos para avaliar a qualidade do solo, Doran e Parkin (1994) propuseram um conjunto de características físicas, químicas e biológicas para serem utilizadas como indicador, dentre elas, destacam-se como indicadores físicos a textura, profundidade do solo e enraizamento, densidade, capacidade de infiltração e retenção de água. Os teores de C e N, pH, concentração de nutrientes e capacidade de troca catiônica são propostos como indicadores químicos, já a qualidade biológica pode ser mensurada pela biomassa microbiana, respiração basal, nitrogênio mineralizável, atividade enzimática e fauna do solo (ARAÚJO et al., 2012; BALOTA, 2018; BARETTA et al., 2011; DORAN; PARKIN, 1994; SILVA M. et al., 2021).

Vários são os motivos para estudar os indicadores de qualidade do solo e a proposta é de que estejam relacionados a habilidade de regular o fluxo de água e de elementos químicos, promover a sustentação e o desenvolvimento das plantas,

manter um habitat biológico adequado e resistir a degradação causada pelo manejo (BALOTA, 2018; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Por este motivo, o estudo de indicadores biológicos estão sendo cada vez mais empregados, especialmente em relação a atividade enzimática e fauna edáfica, já que esses indicadores desempenham papel fundamental em diversos processos que ocorrem no solo, garantindo a manutenção e a qualidade dos ecossistemas (SOBUCKI et al., 2019).

#### 2.3.1 Atividade enzimática

Os organismos que vivem no solo são responsáveis por diversos processos bioquímicos e biológicos decorrentes da sua interação com as partículas, o que garante a sustentação do ecossistema (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 1999).

Os processos biológicos se destacam também como indicadores da qualidade do solo por responder rapidamente a mudanças no ambiente advindas dos diferentes manejos e usos do solo. A atividade dos microrganismos reflete a influência de fatores que atuam na transformação de nutrientes e na degradação da matéria orgânica (CHAER, 2014; MOREIRA, 2006).

Dentre os parâmetros utilizados para monitorar a condição microbiológica do solo e as alterações que ali ocorrem destacam-se a taxa de respiração do solo, o carbono da biomassa microbiana e a atividade enzimática (CHAER, 2014).

A atividade enzimática é influenciada por fatores bióticos e abióticos e está relacionada às características físico-químicas do solo, como pH, temperatura, umidade, teor de carbono orgânico e nutrientes, assim como a quantidade de material orgânico e o tipo de vegetação que recobre o solo (BALOTA, 2018).

As enzimas originam-se de organismos vivos do solo e são classificadas de acordo com as características funcionais e o local de atividade (CHAER 2014). A Arilsulfatase e a β-Glicosidase são enzimas importantes na avaliação da qualidade do solo e estão associadas ao ciclo de carbono e enxofre, respectivamente. Além disso, o uso destas é recomendado por apresentarem maior sensibilidade de detectar as alterações do solo, devido ao comportamento semelhante a matéria orgânica, constituindo-se em impressões digitais dos sistemas de manejo aos quais o solo foi submetido (MENDES et al., 2018).

Matsuoka; Mendes e Loureiro (2003) destacam a sensibilidade da Arilsulfatase e β-Glicosidase na identificação das alterações provocadas no solo pelos diferentes

sistemas de uso. Os autores relatam que o manejo diferenciado de adubação e a manutenção da cobertura viva do solo influenciaram as propriedades microbiológicas, aumentando o C mineralizável a atividade das enzimas (MATSUOKA; MENDES; LOUREIRO, 2003). Resultados semelhantes foram encontrados em outras pesquisas, as quais destacam a influência do manejo de adubação e a importância do acúmulo de resíduos vegetais na atividade da Arilsulfatase e β-Glicosidase (PASSOS et al., 2008; SILVA, Andrezza et al., 2018; ZAGO et al., 2016).

Nesse sentido, as enzimas têm papel fundamental em diversos processos do solo, pois atuam como catalisadoras das reações metabólicas intracelulares que ocorrem nos seres vivos e das reações que decompõe os resíduos orgânicos, além da participação na ciclagem de nutrientes, na formação da MO e na estrutura do solo, por este motivo são utilizadas como ferramenta para indicar a qualidade biológica e a funcionalidade do solo (MENDES et al. 2018).

#### 2.3.2 Fauna do solo

A capacidade de funcionamento do solo dentro de um ecossistema está intimamente ligada à sua qualidade. Pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de compreender o papel da fauna do solo na construção e manutenção da qualidade, bem como, identificar alterações através da presença desses organismos (BALOTA, 2018; COELHO et al., 2018).

A fauna do solo é composta por uma comunidade de invertebrados que vivem permanentemente ou que passam um ou mais ciclos de vida na serapilheira ou abaixo da superfície do solo. Esses invertebrados pertencem a diferentes grupos com características diferentes de desenvolvimento, sobrevivência e alimentação, podendo ser classificados de acordo com o seu tamanho corporal. Dessa forma, os organismos com tamanho maior que 2,00 mm fazem parte da macrofauna, entre 0,2 e 2,00 mm da mesofauna e menores que 0,2 mm são classificados como microfauna (BALOTA, 2018; BARETTA et al., 2011; MOREIRA et al., 2018; SWIFT, 1979).

A diversidade, densidade e atividade da fauna edáfica é influenciada por diversos fatores como a compactação, estrutura, quantidade de material orgânico, disponibilidade de nutrientes e porosidade do solo. A maior diversidade de grupos proporciona maior resistência à perturbação causada pelo manejo e maior qualidade do solo (BALOTA, 2018).

Vários autores comprovam em seus estudos que a fauna edáfica é um excelente bioindicador da qualidade do solo por apresentar sensibilidade e responder com relativa rapidez às mudanças provocadas pelo manejo do solo (COELHO et al., 2018; DE GÓES et al., 2021). Abreu et al. (2014) destacam a influência da manutenção da palhada e a época de coleta (período seco/chuvoso) sobre o número de indivíduos e riqueza de espécies, similarmente ao que foi visto por Cuevas et al. (2019) em que as coletas na época de seca afetaram negativamente a fauna do solo, assim como os diferentes sistemas de cultivo.

Em suma, cada grupo da fauna responde distintamente às variáveis ambientais (BARETTA et al., 2011), às diferentes formas de adubação, à cobertura e ao uso do solo, com alterações na diversidade, densidade e frequência de grupos taxonômicos (ALVES et al., 2018; DE GÓES et al., 2021; LIMA et al., 2007; NIVA et al., 2021; ROSA et al., 2018; SILVA, Rodrigo et al., 2013, 2014; SOUZA, J. et al., 2018).

Cabe destacar que a fauna representa a vida no solo e que esses organismos contribuem não somente para a melhoria da qualidade biológica, como também da qualidade física e química por meio das diversas funções que realizam (BARETTA et al., 2011).

Os organismos edáficos promovem a fragmentação, decomposição e distribuição da matéria orgânica e de nutrientes nas camadas mais profundas, melhoram a estrutura do solo por meio da escavação, revolvimento e deposição de excrementos, além de degradarem substâncias tóxicas no solo (ARAUJO et al., 2018; BARETTA et al., 2011; LUDWIG et al., 2012).

#### 2.3.2.1 Macrofauna

A macrofauna do solo é composta por organismos invertebrados cujo tamanho corporal pode variar de 2 a 20 mm. Os componentes desse grupo são conhecidos como "engenheiros do ecossistema" por serem capazes de criar estruturas específicas, como canais, ninhos, túneis, câmaras e coprólitos, alterando de maneira significativa as propriedades físicas e químicas do solo. Os grupos mais representativos dessa classe são as minhocas (Oligochaeta), as formigas (Hymenoptera/Formicidae) e os térmitas (Isoptera) (BALOTA, 2018; BARETTA et al., 2011; BARTZ et al., 2014; MOREIRA et al., 2018).

As minhocas integram um dos grupos mais estudados em relação ao seu efeito sobre a qualidade do solo, pois sua influência vai além das mudanças nos aspectos

físicos. Em decorrência da sua alimentação, são capazes de realizar a decomposição do material vegetal distribuindo os nutrientes no solo e disponibilizando-os para absorção das plantas (BALOTA, 2018).

Santos et al. (2018) destacam que as avaliações dos agregados do solo que possuíam minhocas se aproximaram mais da classificação de solo ideal, por favorecem uma maior porosidade, e consequentemente, maior absorção de água, beneficiando o sistema radicular das plantas em camadas mais profundas.

O grupo Formicidae é extremamente importante em diversos aspectos e dominante na maioria dos ecossistemas (LIMA et al., 2019), apresenta grande diversidade de hábitos alimentares que influenciam na ciclagem de nutrientes, aeração do solo nas camadas superficiais e controle da população de outros grupos (MOREIRA et al., 2018).

Todavia, os benefícios para o ecossistema muitas vezes são ignorados em decorrência da visão desse grupo como inseto-praga, o que se restringe apenas à algumas espécies. O papel das formigas é extremamente relevante e os benefícios ao sistema são muito maiores do que os possíveis danos (QUEIROZ; ALMEIDA; PEREIRA, 2006), além de contribuírem com a melhoria da fertilidade, podem ser utilizadas como variável resposta às mudanças provocadas no ambiente e os diferentes usos do solo (SILVA; BRANDÃO, 1999).

Cantarelli et al. (2015) destaca a interferência do uso do solo no equilíbrio de formicídeos, apontando que a área de reflorestamento com Eucalipto causa menos impacto que as áreas de pastagem nativa e cultivo agrícola, pois assemelha-se ao habitat de mata nativa. Em contrapartida, o sistema integrado lavoura-pecuária pode favorecer a recomposição da diversidade, estabelecendo o equilíbrio desse grupo e a manutenção da qualidade do solo (BARTZ et al., 2014; CREPALDI et al., 2014).

Os organismos da ordem Isoptera, constituem outro grupo importante da macrofauna e são conhecidos também como térmitas ou cupins, os quais organizam-se em colônias e atuam na decomposição da serapilheira e ciclagem de nutrientes, intervindo na fertilidade e estrutura do solo. O processo de construção de ninhos ou galerias, promove o revolvimento do solo e beneficia a distribuição dos nutrientes no perfil. Os térmitas se organizam em colônias e cada grupo de indivíduos exerce uma função diferente de acordo com a sua especialização, fisiologia e morfologia (BARETTA et al., 2011; FERREIRA et al., 2011).; OLIVEIRA et al., 2012).

#### 2.3.2.2 Mesofauna

A mesofauna do solo é composta por organismos de 0,2 a 2 mm de comprimento, que desempenham funções fundamentais para o equilíbrio e manutenção do ecossistema (BERUDE et al., 2015; MOREIRA et al., 2018).

As principais funções da mesofauna no solo estão relacionadas a decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, produção de húmus e energia, além de atuarem como regulares da densidade e distribuição de microrganismos no solo, especialmente de fungos e bactérias (HOFFMANN et al., 2009).

A mesofauna é composta principalmente por dois grupos: Collêmbola e Acari (BARETTA et al., 2011). A frequência e diversidade desses grupos, quando comparadas a áreas de vegetação nativa, podem indicar alterações no ambiente provocadas pelos diferentes manejos do solo. O manejo convencional, por exemplo, causa destruição do habitat pelo processo de revolvimento do solo e restringe a disponibilidade de alimento para esses organismos (MORAIS et al., 2010; RIEFF, 2014).

O grupo Acarina destaca-se por ser o mais abundante da mesofauna, apresentando grande variabilidade nas formas e diferentes hábitos alimentares. Os ácaros oribatídeos são encontrados em maior abundância e podem ser classificados como decompositores, pois auxiliam na decomposição da matéria orgânica e representam cerca de 85 % do total da fauna de invertebrados encontrados no solo. Há também, a presença de ácaros predadores, que consomem outros ácaros, insetos e nematóides (MOREIRA et al., 2018).

Já o grupo dos collêmbolos é muito diverso e está amplamente distribuído, sendo classificado como o segundo grupo mais abundante da mesofauna do solo. Geralmente, possuem estrutura corporal delicada e são mais sensíveis, estando indiretamente ligados ao processo de decomposição da matéria orgânica, pois espalham fungos e bactérias que se alimentam de suas fezes (MOREIRA et al., 2018; OLIVEIRA FILHO; BARETTA, 2016).

Em suma, as diversas funções desempenhadas pela mesoufauna são essenciais para garantir a manutenção do ecossistema, sendo assim, é indispensável a adoção de sistemas e manejos mais sustentáveis para preservação desses organismos no solo (OLIVEIRA FILHO; BARETTA, 2016).

#### 2.3.2.3 Microfauna

O solo abriga uma enormidade de organismos que são fundamentais para a manutenção do ecossistema como um todo. Devido à grande abundância e atividade biológica e metabólica os organismos da microfauna, assim como da macro e mesofauna, respondem rapidamente às mudanças no ambiente e são utilizados como indicadores na avaliação da qualidade do solo (MANHAES; FRANCELINO, 2013).

A microfauna é composta por fungos, bactérias, nematóides, protozoários, entre outros organismos, cujo tamanho corporal varia entre 4 μm e 10 μm. Esse grupo é o mais importante para a química do solo, pois atuam no processo de reinício e finalização da ciclagem de compostos da matéria orgânica, na quebra de ligações moleculares e na sintetização das moléculas fixando os nutrientes (GONÇALVES; SANTANA, 2019; MANHAES; FRANCELINO, 2013).

Dentre o grupo das bactérias estão as do gênero *Bacillus* spp. e *Azospirillum* spp., que também são conhecidas como bactérias promotoras de crescimento vegetal por exercerem efeitos benéficos às plantas, tais como a absorção de nutrientes, principalmente de fósforo e controle de patógenos pela indução da resistência sistêmica (CHAGAS JUNIOR et al., 2022).

A inoculação com essas bactérias pode trazer benefícios diretos às culturas conforme destacado por Mazzuchelli, Sossai e Araujo (2014), onde a inoculação com *Bacillus subtilis* possibilitou aumento da massa fresca da parte aérea do milho e o uso de *Azospirillum brasilense* nas sementes aumentou a produtividade em comparação ao tratamento sem inoculação.

#### 2.4 VIABILIDADE ECONÔMICA

A produção de grãos de cereais de inverno pode não ser tão atrativa quando se pensa isoladamente, mas em sistemas integrados, as cultivares de duplo propósito se destacam, além de tudo, como uma excelente opção para suplementação energética de bovinos, suínos e aves. Além disso, os cereais de inverno podem ser utilizados em sistemas de produção de leite à pasto, pela qualidade da forragem produzida, possibilitando o aumento da produtividade e a redução da vulnerabilidade perante a oscilação de preços em monocultivos (BARRETA, 2019; REBESQUINI et al., 2020).

A constante variação de preços e a competitividade do sistema são alguns dos vários desafios impostos aos produtores rurais, que para se manterem na atividade, buscam por uma produção mais eficiente e econômica (SANTOS; EBLING; BONOTTO, 2022).

No entanto, para que seja possível maximizar o desempenho da propriedade, é necessário gerir com eficiência as atividades agrícolas e dispor de informações que retratem o cenário econômico-financeiro para auxiliar na tomada de decisões, como por exemplo, indicadores de margem bruta, margem líquida e resultados (BARRETA et al., 2020; BAUMGRATZ et al., 2017).

A análise de viabilidade econômica torna-se imprescindível em qualquer atividade agrícola, pois quantifica a rentabilidade do empreendimento e identifica possíveis entraves no sistema, através do planejamento e da gestão dos recursos materiais, humanos e financeiros (BUSS; DUARTE, 2010; TITO; PERES, 2019).

Os cereais de duplo-propósito podem ser usados de diferentes formas dentro de uma propriedade, sejam elas de sistemas integrados (ILPF-ILP) ou de criação de bovinos leiteiros ou de corte. A principal vantagem de cultivo é a produção de pastagem de boa qualidade em períodos de escassez e a possibilidade de produção de grãos posteriormente (REBESQUINI et al., 2020).

Atualmente, a alimentação animal representa o maior custo dentro da atividade pecuária, dessa forma, é importante que o valor investido retorne ao produtor através da maximização de desempenho do rebanho (SANTOS; EBLING; BONOTTO, 2022). Com o intuito de avaliar os custos da produção leiteira em duas propriedades do Sul do País, Luz et al. (2019) observaram que em ambas, o custo mais expressivo estava relacionado a alimentação do rebanho (concentrado, silagem, feno, sal mineral), correspondendo a aproximadamente 43 % dos custos totais.

No cenário de produção intensiva em confinamento, Silva, P. et al (2020) observaram que os custos de maior relevância estavam associados a alimentação dos animais, compondo 66,64 % dos custos totais, justificando-se pelo fato de que a dieta era ofertada aos animais 100 % no cocho, enquanto, no sistema intensivo a pasto os gastos com alimentação do rebanho reduziram para 43,66 % devido à permanência dos animais na pastagem, o que reduziu a dependência por concentrado.

Nesse sentido, Delfino et al. (2020) avaliaram a influência do sistema de produção sobre a produtividade do leite em propriedades rurais no interior do Estado de São Paulo e constataram que, os sistemas de produção de leite baseados no

pastejo rotativo apresentaram produtividade maior (L/ha/ano) em comparação a sistemas de pastejo contínuo ou alternado, e ainda, igualaram-se aos sistemas de semiconfinamento, demonstrando a viabilidade de uso das pastagens e a importância do manejo correto.

As pastagens quando bem manejadas possibilitam oferta de forragem de melhor qualidade e, consequentemente, contribuem para o aumento da produção de leite (BARRETA et al., 2020). Folchini et al. (2021) relatam que a utilização de cereais de inverno, a exemplo do trigo duplo propósito, passam a ser uma opção para minimizar os efeitos da deficiência quantitativa e qualitativa de pastagem durante o período de vazio outonal e, figuram, como uma das alternativas mais econômicas de alimentação de vacas leiteiras.

Nesse sentido, a viabilidade econômica da cultura do trigo depende da sua relevância para o sistema de plantio inverno/verão, da busca pelo melhor retorno sobre o investimento de maneira sustentável, fazendo uso racional do solo e dos insumos, especialmente dos fertilizantes. Além da pastagem, a transformação do valor do grão em proteína animal contribui com a diversificação da renda e aumenta o retorno econômico da atividade, diluindo os custos fixos da propriedade (BAUMGRATZ et al., 2017; REBESQUINI et al., 2020).

#### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA E TRATAMENTOS

A pesquisa foi conduzida em área experimental localizada as margens da BR 480 no interior da cidade de Erval Grande/RS (Figura 1), com altitude média de 710 m, nas seguintes coordenadas geográficas: 27° 20' 06" Sul e 52° 36' 46" Oeste.



Figura 1 – Área experimental

Fonte: Google Earth (2023).

O solo da área é classificado como um Latossolo Vermelho Distroférico, apresentando 60% de argila, 11% de areia e 29% de silte em sua caracterização textural (GALINA, 2023). O clima da região é do tipo *Cfa* (clima subtropical com verão quente) de acordo com a classificação estabelecida por Köppen (ALVARES et al., 2013). Durante o experimento as temperaturas variaram de 2,5°C a 34,1°C, com precipitação média de 150 mm (Anexo B – Figura complementar 2).

O manejo da área experimental iniciou-se em 2019 com o preparo do solo e implantação das primeiras culturas. Nesse período realizou-se a calagem com aplicação de 5,9 toneladas/ha<sup>-1</sup> de calcário calcítico, de acordo com o Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016), com o intuito de corrigir o pH do solo elevando-o a 6,0 (GALINA, 2023).

A aplicação do pó de olivina melilitito (Tabela 1) foi realizada de forma parcelada em diferentes meses. Em outubro de 2019 foram aplicadas 2,5 t ha<sup>-1</sup> de forma superficial nas unidades experimentais correspondentes a esse tratamento. A segunda aplicação ocorreu em janeiro de 2020, na mesma dosagem de 2,5 t ha<sup>-1</sup>, porém, incorporado ao sulco de plantio, totalizando a dosagem final de 5 t ha<sup>-1</sup> (GALINA, 2023).

Em julho de 2021 realizou-se novamente a aplicação do pó de olivina melilitito, dessa vez, de forma única e superficial, na dose de 5 t ha<sup>-1</sup> em todos os tratamentos que receberam remineralizador (GALINA, 2023).

Tabela 1 – Composição mineralógica e química da Olivina Melilitito.

Componentes	Mineralógica	Química
Melilita (%)	40	-
Flogopita (%)	30	-
Clinoperôxenio (%)	15	-
Olivina (%)	10	-
Minerais opacos, óxidos de ferro, argilominerais e	5	-
talco (%)		
Óxidos de Silício (SiO <sub>2</sub> ) (%)	-	35,7
Óxidos de Magnésio (MgO) (%)	-	17,4
Óxidos de Cálcio (CaO) (%)	-	14,85
Óxidos de Ferro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) (%)	-	10,5
Óxidos de Potássio (K <sub>2</sub> O) (%)	-	2,73
Pentóxido de Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (%)	-	1,18
Enxofre (S) (%)	-	0,33
Óxidos de Manganês (MnO) (%)	-	0,19
Zinco (Zn) (ppm)	-	94
Cobre (Cu)	-	63
Cobalto (Co)	-	57
Níquel (Ni)	-	385

Fonte: Galina, (2023).

Até o ano de 2019 foram cultivadas na área espécies forrageiras. Posteriormente, iniciou-se o cultivo de cereal, sendo o milho (*Zea mays* L.) a primeira

cultura implantada na safrinha 2019/20 e na safra 2020/21, seguido pela soja (*Glycine max* L.) na safra 2021/22 (GALINA, 2023).

Em continuidade, para atender as premissas da pesquisa, a cultivar de trigo escolhida foi a BRS Pastoreio com a finalidade de duplo propósito (CASTRO,2016), a qual foi semeada no dia 07/07/2022 na densidade de 130 kg de semente ha<sup>-1</sup>.

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso (DBC) com quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais, as quais foram subdivididas na segunda etapa da pesquisa, onde os tratamentos foram alocados conforme representado na Figura 2.

BLOCO 1 BLOCO 2 **T4R2 T1R1** T3R1 T0R1 **T4R1 F7R1 T6R1** BLOCO 3 BLOCO 4 T4R3 **T7R3 F5R4** T5R3 **T2R3** T6R3 ror3 **T2R4 T1R4** 

Figura 2 – Croqui de distribuição dos tratamentos na área experimental.

Fonte: Elaborada pela autora (2023)

R1: repetição 1; R2: repetição 2; R3: repetição 3; R4: repetição 4; T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Azospirillum* spp.; T7: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle.

Desde o início do experimento em 2019, os tratamentos foram ajustados com o objetivo de reduzir a dose de fertilizantes químicos e explorar o potencial do pó de olivina melilitito no fornecimento de nutrientes para as plantas, bem como a eficiência das bactérias solubilizadoras do gênero *Bacillus* spp. e *Azospirillum* spp. (GALINA, 2023).

Portanto, a dose do N-P-K foi reduzida em 25 % e os tratamentos foram distribuídos na área da seguinte forma: T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2: adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Azospirillum* spp.; T7: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle sem adubação.

A respectiva dose do fertilizante químico solúvel foi aplicada no momento da semeadura. Os cálculos para dosagem do fertilizante foram realizados com base nas características químicas do solo do tratamento T1 (Anexo A – Tabela complementar 2), seguindo as recomendações para cultura do trigo do Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016). Cabe ressaltar que não houve aplicação de remineralizador durante o ciclo de cultivo do trigo duplo propósito, sendo assim, utilizou-se apenas o efeito residual das aplicações anteriores.

A inoculação das sementes foi realizada via sulco de plantio com as cepas bacterianas ABV5 e ABV6 do *Azospirillum brasilense* (Rizospirillum), BRM 2084 do *Bacillus subtilis* e BRM 119 do *Bacillus megaterium* (Biomaphos), nas doses de 100 mL ha<sup>-1</sup> e 150 mL ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

# 3.2 COLETAS E AVALIÇÕES

#### 3.2.1 Qualidade biológica do solo

Para avaliar a qualidade biológica do solo, a fauna edáfica foi amostrada em pontos aleatórios dentro de cada unidade experimental em duas épocas do ano: a primeira época (E1) em abril de 2022, antecedendo a semeadura do trigo duplo propósito; e a segunda época (E2) ao final do ciclo da cultura em dezembro de 2022. Para isso, foram instaladas armadilhas de queda, que consistem na implantação de recipientes cilíndricos com abertura de 8 cm de diâmetro e capacidade volumétrica de 500 mL, contendo 200 mL de solução detergente neutro a 0,5% (v/v), enterrados à altura de abertura do recipiente, nivelados com a superfície do solo (BARETTA et al., 2003). Esses recipientes foram mantidos a campo por 72 horas.

A fauna coletada nas armadilhas foi triada sob água corrente, com auxílio de duas peneiras sobrepostas, a superior com malha de 2 mm e a inferior de 0,053 mm.

Os organismos encontrados foram identificados e acondicionados em álcool 70 (KRAFT et al., 2020).

A coleta de solo foi realizada em nove pontos aleatórios dentro das respectivas parcelas aproximadamente um mês antes da implantação da cultura para análise química e, ao final do ciclo de cultivo para análise da atividade enzimática. As amostras foram identificadas e encaminhadas à Central Analítica de Santa Cruz do Sul – RS para a análise das enzimas β-glicosidase e arilsulfatase conforme metodologia proposta por Tabatabai (1994) e Mendes et al. (2019).

Os dados da fauna edáfica foram analisados por épocas de coleta (E1 e E2) e pela média geral, independente da época de coleta (IE). Assim, foram calculados os índices de diversidade de Shannon (H) e Simpson (Is), índice de Dominância (D) e Riqueza de grupos (ODUM,1983) utilizando o software Past 4.03 (HAMMER; HARPER, RYAN, 2001).

A abundância dos principais grupos da fauna edáfica foi transformada para frequência relativa, onde os grupos de organismos com maior frequência (Collembola, Acarina, Formicidae e Coleoptera) foram separados individualmente e os demais grupos que apresentaram frequência relativa menor que 2 % (Diptera, Araneae, Hymenoptera, Orthoptera, Psocoptera, Diplura, Hemiptera, Isoptera, Dermaptera e Thysanoptera) foram agrupados como "outros".

Os dados também foram submetidos a análises multivariadas, método importante no estudo e na seleção de atributos indicadores da qualidade do solo (BELINATO et al., 2020; MALUCHE-BARETTA; AMARANTE; KLAUBERG FILHO, 2006). A análise de agrupamentos foi realizada com os principais grupos da fauna, tomando a "Distância Euclidiana" entre a abundância de cada grupo como medida de similaridade, utilizando o software Statistica 7.0 (BARETTA et al., 2006).

Os dados também foram submetidos a Análise de Componentes Principais (ACP), através do software CANOCO conforme método estabelecido por Ter Braak e Smilauer (1998). As variáveis ambientais mais significativas foram utilizadas para explicar a variação dos dados, sendo estas: β-glicosidase, arilsulfatase, H+Al, pH, Ca, Mg, P, K e MO.

Além disso, quando necessário utilizou-se a transformação de dados Box-Cox e todos os índices de fauna foram submetidos a análise de variância ANOVA, que quando significativa as médias foram comparadas através do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (P < 0.05) utilizando o software Rstudio (R CORE TEAM, 2019).

## 3.2.2 Análise químico-bromatológica e produtividade

Com o intuito de simular o pastejo animal, utilizou-se como critério para tomada de decisão quanto ao primeiro corte do trigo, que as parcelas apresentassem uma altura média de plantas de 30 cm. As amostras foram coletadas por meio do "método do quadrado" (SALMAN et al., 2006) com 0,25 m² de área útil (Anexo B – Figura complementar 4A).

Após o primeiro corte, adotou-se um intervalo de 30 dias para realização do segundo corte. Nesta etapa ocorreu uma subdivisão das parcelas experimentais representando a segunda parte do experimento, em que ao final da amostragem da pastagem, apenas metade das unidades experimentais foram roçadas, com auxílio de roçadeira manual, a fim de manter uma altura de 10 cm de resíduo simulando o pastejo animal (Anexo B – Figuras complementares 4B e 4D).

Ao final do ciclo da cultura foram coletadas amostras de 1 m<sup>2</sup> em cada subdivisão das parcelas, com o intuito de estimar separadamente o rendimento de grãos para os cortes realizados. A produção de matéria seca (MS) por área, bem como todos os índices econômicos, também foi calculada separadamente para cada sistema de corte adotado.

Todas as amostras coletas foram encaminhadas ao Laboratório de Solos da UDESC. As amostras de pastagem seguiram para a determinação da MS, conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002) e posteriormente, foram moídas em peneira de 1 mm em moinho tipo Willey.

Os grãos foram separados manualmente e após a secagem para correção da umidade a 13 % foi estimado o rendimento de grãos por hectare. Posteriormente, as amostras foram preparadas para as análises bromatológicas, de acordo com a metodologia de Silva e Queiroz (2002).

Uma fração proporcional das amostras de pastagem e grãos, para cada corte realizado, foi agrupada formando uma amostra composta representativa de cada tratamento, que ao final, foram encaminhadas ao Laboratório de Análises Físico-Químicas (LABNUTRIS) para realização das análises bromatológicas pelo método de Espectrometria de Refletância por Infravermelho Próximo (NIRS) descrito por Marten et al. (1989). Os parâmetros estimados foram proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE), digestibilidade do FDN em 24 horas e nutrientes digestíveis totais (NDT).

Os dados foram submetidos a análise de variância ANOVA e quando significativa as médias foram comparadas através do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (P > 0.05) utilizando software RStudio (R CORE TEAM, 2019).

## 3.2.3 Estimativa da produção de leite + grãos e análise de custos

De posse dos resultados químico-bromatológicos da pastagem listados no item 3.2.2 e associados a produção de MS (kg ha<sup>-1</sup>), foi possível estimar a produção de leite por tonelada de pastagem (kg ton<sup>-1</sup> MS), bem como, a produção de leite por área (kg ha<sup>-1</sup>) através do simulador *Milk2016*® (UNDERSANDER et al., 2016), versão atualizada das planilhas *Milk*95 (UNDERSANDER; HOWARD; SHAVER, 1993) e *Milk*2006 (SHAVER et al., 2006).

Esse simulador utiliza informações de MS, PB, FDN e digestibilidade total da FDN em 24 horas, baseando-se na estimativa do conteúdo energético da pastagem por meio das equações do NRC (2001) e da ingestão de pastagem em virtude do FDN e da digestibilidade do FDN (SHAVER et al. 2001).

Com os dados de produção de leite e rendimento de grãos, foi possível realizar uma análise de custos e estimar a viabilidade econômica da utilização do trigo duplo propósito.

O simulador *Milk2016*® não considera os custos da produção leiteira (energia elétrica, equipamentos de ordenha, mão de obra etc.), portanto, não permite a determinação de alguns índices econômicos referentes a essa atividade, como por exemplo, a margem bruta. Todavia, a determinação do custo operacional efetivo (COE) e a estimativa da produção de leite são indicativos importantes para avaliar a viabilidade dos sistemas (BARRETA, 2019).

Em relação aos custos de produção da cultura, tomou-se como base os valores disponibilizados pela EPAGRI/CEPA (2022) para produção de trigo de média tecnologia, que consideram os seguintes componentes: insumos (sementes, fertilizante, agrotóxicos), mão-de-obra, serviços mecânicos, despesas gerais, assistência técnica, seguro da produção, custos financeiros e despesas de comercialização.

A tabela leva em consideração os custos para produção de grãos, portanto, para estimar os custos de produção da pastagem alguns componentes foram excluídos do cálculo e ajustados conforme os respectivos tratamentos utilizados nessa

pesquisa. A tabela de custos adaptada pode ser consultada no Anexo A – Tabela complementar 1.

Dessa forma, os seguintes índices econômicos foram determinados com base nas informações disponíveis:

- a) Produção de leite por área (kg leite ha<sup>-1</sup>);
- b) COE de produção da pastagem por kg de MS (R\$ kg<sup>-1</sup> de MS);
- c) COE total com a produção de grãos;
- d) Produção de leite em relação ao COE da pastagem (kg de leite R\$-1 investido);
- e) Receita Bruta (RB) do leite em relação ao COE da pastagem (R\$ R\$<sup>-1</sup> investido);
- f) Receita Bruta da produção de leite;
- g) Receita Bruta da produção de grãos;
- h) Receita Bruta total (RB leite + RB grãos).

Os índices foram calculados separadamente conforme o manejo de cortes e por fim, analisou-se a média geral do sistema. Para os cálculos das RBs considerou-se o preço médio do leite e do grão, pagos aos produtores de Santa Catarina, nos últimos três anos (CONSELEITE, 2023; CONAB, 2023) (Anexo A – Figura complementar 1)

Após os cálculos individuais de cada atividade, as RBs foram somadas com o intuito de obter a receita bruta total do sistema produtivo (leite + grãos). Tendo em vista que não é possível obter os índices de margem bruta e receita líquida, estimouse apenas um valor de "Sobras" descontando os custos totais da produção de pastagem + grãos da receita bruta total.

Para realização das análises estatísticas, quando necessário utilizou-se a transformação de dados Box-Cox, posteriormente foram submetidos a análise de variância ANOVA e quando significativa as médias foram comparadas através do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (P > 0.05) pelo software Rstudio (R CORE TEAM, 2019).

#### 4 RESULTADOS

# 4.1 FAUNA EDÁFICA

Durante o estudo da fauna edáfica e considerando as duas épocas de coletas foram encontrados 13 grupos taxonômicos, sendo eles: Acarina, Araneae, Collembola, Coleoptera, Dermaptera, Diplura, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, o qual inclui a família Formicidae, Isoptera, Orthoptera, Psocoptera e Thysanoptera.

A época de coleta mostrou variação da frequência relativa dos principais grupos na comparação entre os tratamentos. De maneira geral, o grupo mais frequente foi Collembola, seguido por Formicidae, Acarina e Coleoptera, respectivamente (Figuras 3A, 3B e 4).

Na primeira época de coleta (E1) o grupo Collembola apresentou mais de 60 % de frequência nos tratamentos avaliados, com exceção do tratamento T0, que apresentou a menor frequência (51 %) (Figura 3A).

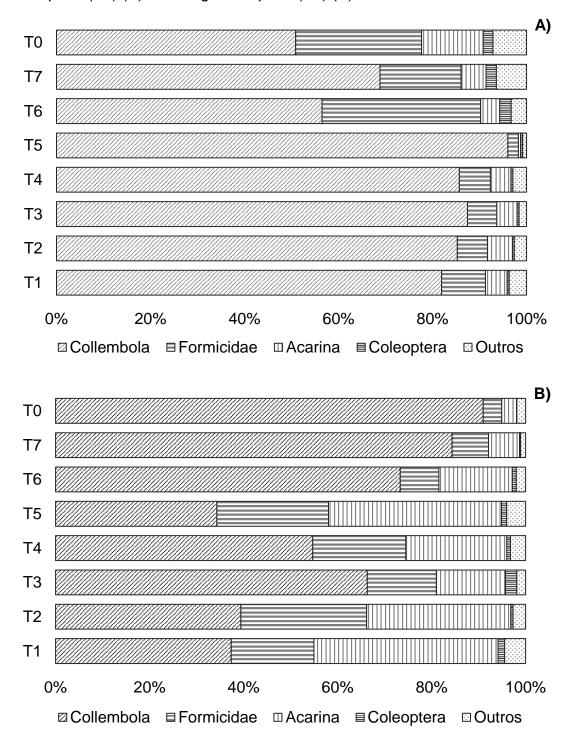
O tratamento T5 foi o que mais favoreceu as populações de Collembola com 96 % da ocorrência total. Os demais tratamentos com a aplicação do remineralizador (T2, T3 e T4), de forma única ou associado, beneficiaram as populações do grupo Collembola, cuja frequência foi maior de 85 % (Figura 3A).

Em ambos os tratamentos com aplicação de fertilizante químico + inoculação (T6, T7), bem como no tratamento controle (T0), houve maior frequência de formigas com 34 %, 17 % e 27 %, respectivamente, e maior frequência de coleópteros, ambos com 2 % em comparação aos demais tratamentos (Figura 3A).

Já na segunda época de coleta (E2) os tratamentos T6, T7 e T0 foram os que mais favoreceram a população de Collembola, todos com frequência relativa acima de 70 % (Figura 3B). Os demais tratamentos tiveram uma distribuição mais uniforme quando comparados a E1. Os tratamentos T1, T2 e T5 apresentam uma frequência relativa muito similar entre os grupos Collembola, Formicidae e Acarina (Figura 3B).

Nota-se, que na E2 a população de ácaros foi mais relevante entre os tratamentos, visto que as maiores frequências desse grupo foram observadas no T1, T2 e T5 com 39 %, 31 % e 37 %, respectivamente (Figura 3B). Já a população do grupo coleóptera demonstrou maior frequência nos tratamentos T1, T3, T4, T5 e T6.

Figura 3 – Frequência relativa dos principais grupos da fauna edáfica capturados na primeira época (E1) (A) e na segunda época (E2) (B) nos diferentes tratamentos.



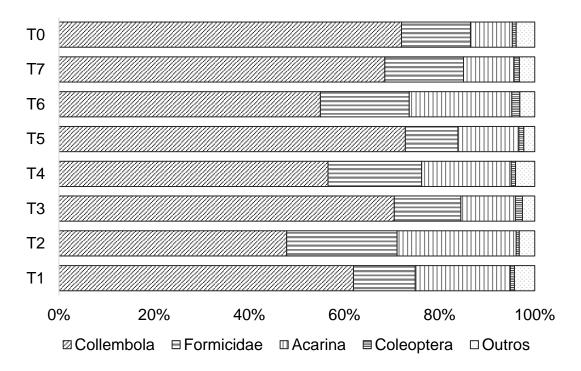
T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Azospirillum* spp.; T7: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle.

A Figura 4 representa a média da frequência relativa dos principais grupos encontrados, independente da época de coleta (IE). Dentre os principais grupos da fauna edáfica, houve menor frequência relativa de coleópteros, em todos os tratamentos.

Numa análise geral, observa-se maior semelhança na frequência dos grupos Formicidae e Acarina entre os tratamentos avaliados independente da época de coleta, variando de 11 % a 23 % para Formicidae e de 9 % a 25 % para Acarina.

A frequência relativa do grupo Collembola variou de 48 % a 73 %, sendo que o tratamento T5 foi o que mais favoreceu a população desse grupo. Outros organismos também apresentaram frequência relativa mais homogênea com média de 3 % entre os tratamentos (Figura 4).

Figura 4 – Frequência relativa dos principais grupos da fauna edáfica capturados independente da época de coleta (IE). Média das duas épocas de coleta nos diferentes tratamentos.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Azospirillum* spp.; T7: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle.

Nas Figuras 5, 6 e 7 são apresentados os dendrogramas obtidos pela análise de agrupamento. O eixo vertical representa a distância euclidiana entre os grupos taxonômicos mais frequentes em termos de abundância que geraram os agrupamentos, (Figura A) e os tratamentos (Figura B).

Quanto aos organismos da fauna edáfica, na E1 o grupo Collembola demonstrou maior distância de ligação em relação aos demais grupos, condizendo com os resultados de frequência relativa (Figura 5A).

Baseado na abundância de grupos da fauna edáfica, observa-se similaridade entre os tratamentos com aplicação de fertilizante químico. Os tratamentos T6 e T0 foram similares formando o primeiro agrupamento, em que o tratamento T7 apresentou menor distância de ligação com estes (Figura 5B).

Outro agrupamento foi formado pela similaridade entre os tratamentos T1 e T4, onde se observa maior proximidade com os tratamentos T2 e T3. O tratamento T5 ficou isolado dos demais, comportamento esse, que se justifica pela maior abundância do grupo Collembola (Figura 5B).

Na E2, a análise de agrupamentos expôs novamente a predominância do grupo Collembola e demonstrou ainda, a similaridade entre os grupos Acarina e Formicidae, que formaram um agrupamento se distanciando dos demais grupos da fauna edáfica (Figura 6A).

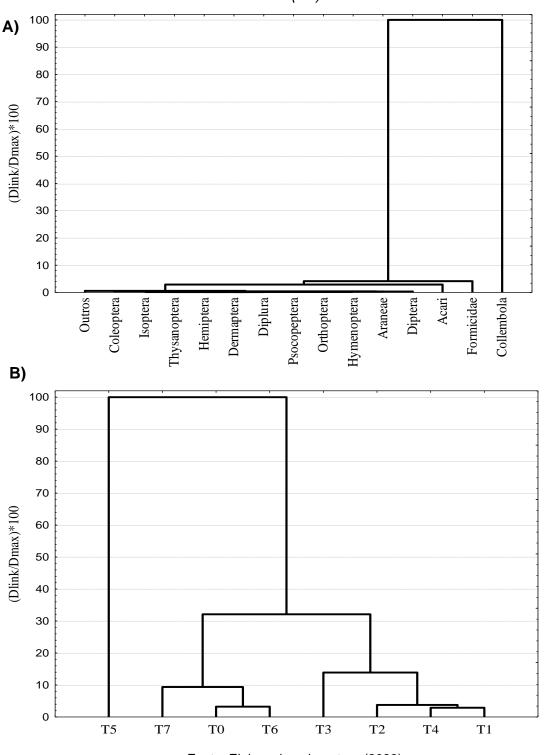
Quanto aos tratamentos avaliados, observa-se uma tendência muito semelhante a primeira coleta. O tratamento T6 demonstrou menor distância de ligação com o primeiro agrupamento, o qual é formado pela similaridade entre os tratamentos T7 e T0 (Figura 6B).

Os tratamentos T1 e T5 foram similares formando o segundo agrupamento. Observa-se neste caso, a menor distância de ligação entre os tratamentos T2, T3 e T4 com o segundo agrupamento (Figura 6B).

A Figura 7 representa a média das duas épocas de coleta (IE), onde os grupos Acarina e Formicidae foram similares formando o único agrupamento de organismos. Novamente, o grupo Colembolla se isolou dos demais apresentando maior distância de ligação (Figura 7A).

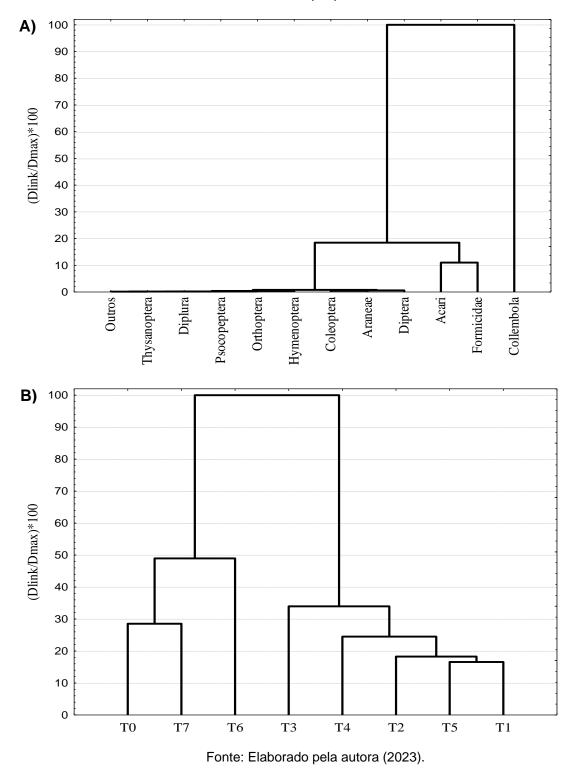
O tratamento T5 também se isolou dos demais, condizendo com a maior abundância de organismos observada no referido tratamento. Observa-se a formação de dois agrupamentos, o primeiro composto pelos tratamentos T0 e T6 e o segundo pelos tratamentos T4 e T2 (Figura 7B).

Figura 5 – Dendrograma apresentando a distância de ligação referente aos organismos da fauna edáfica (A) e os diferentes tratamentos (B) na primeira época de coleta (E1).



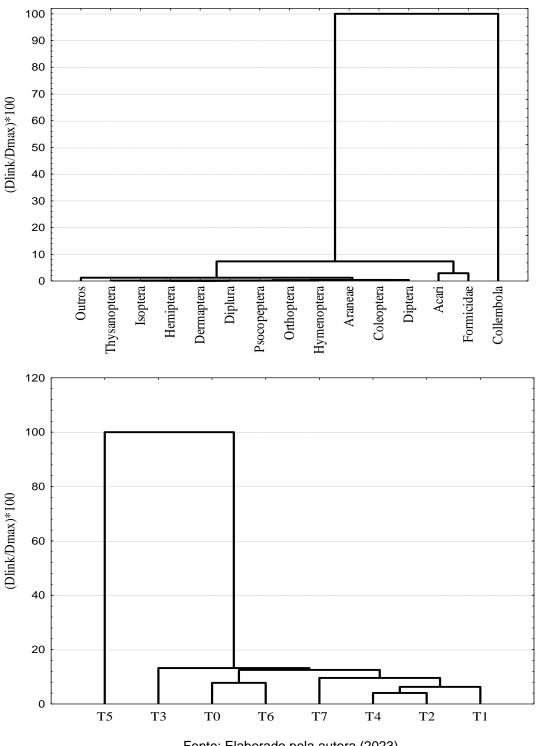
T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Azospirillum* spp.; T7: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle.

Figura 6 – Dendrograma apresentando a distância de ligação referente aos organismos da fauna edáfica (A) e os diferentes tratamentos (B) na segunda época de coleta (E1).



T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Azospirillum* spp.; T7: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle.

Figura 7 – Dendrograma apresentando a distância de ligação referente aos organismos da fauna edáfica (A) e os diferentes tratamentos (B). Médias independente da época de coleta (IE).



T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + Azospirillum spp.; T5: 75 % do N-P-K + remineralizador + Bacillus spp.; T6: 75 % do N-P-K + Azospirillum spp.; T7: 75 % do N-P-K + Bacillus spp. e; T0: controle.

Os resultados coletados foram avaliados para cada época separadamente (Figuras 8 e 9) e independente da época (Figura 10) através da Análise de Componentes Principais (ACP), com o objetivo de visualizar quais dos grupos estão associados a cada tratamento e qual a interação com as variáveis explicativas ambientais (químicas e microbiológicas listadas no item 3.3 do material e métodos).

Na primeira coleta (E1) a variabilidade dos dados é explicada em 18,7 % na componente principal 1 (CP1) e em 15,4 % na componente principal 2 (CP2), que juntas, explicam 34,1 % da variabilidade total. Observa-se a separação do tratamento T5 dos demais, demonstrando forte associação deste com as ordens Coleoptera (Cpt), Colembolla (Col) e Hymenoptera (Hym), a qual não inclui o grupo Formicidae (For) (Figura 8).

Os atributos químicos do solo foram utilizados como variáveis explicativas auxiliando na interpretação e discussão dos dados, portanto, observa-se neste caso, que a β-glicosidase (GI) está mais fortemente associada ao tratamento T5, explicando tais resultados (Figura 8).

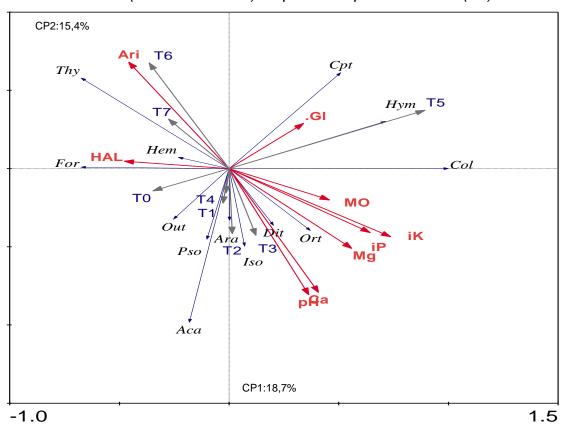
Já os grupos Thysanoptera (Thy), Hemiptera (Hem) e Formicidae foram separados pela CP2, mostrando maior relação aos tratamentos com aplicação de fertilizante químico + inoculação com bactérias (T6 e T7). Os resultados da Arilsulfatase (Ari) nesses tratamentos explicam a presença de tais grupos, assim como, os valores da acidez potencial (HAL) que está associada a maior presença de formigas nas áreas (Figura 8).

Os tratamentos T0, T1 e T4 mostram maior associação aos grupos Acarina (Aca), Psocoptera (Pso) e outros indivíduos não identificados (Out). No entanto, esses resultados não são explicados por nenhuma variável ambiental. Constata-se que a relação dos grupos Diptera (Dit) e Orthoptera (Ort) com o tratamento T3 pode ser explicada pelos valores de pH, teor de cálcio no solo (Ca), Magnésio (Mg), Fósforo (P), Potássio (K) e Matéria Orgânica (MO) (Figura 8).

Na segunda época de coleta (E2) a CP1 explicou 34,2 % e a CP2 explicou 14,6%, totalizando 48,7 % da variabilidade total dos dados. Para os tratamentos T1, T2 e T5, houve forte associação aos grupos Cpt, Thy, Araneae (Ara), Aca, For e Dit, entretanto, a presença desses grupos não está relacionada às variáveis ambientais explicativas (Figura 9). O tratamento T0 ficou isolado dos demais por apresentar a menor diversidade e estar pouco associado aos grupos da fauna edáfica.

Para o tratamento T7 houve maior associação à Ari e a presença dos grupos Col e Ort. Já no tratamento T6 houve forte associação dos grupos Diplura (Dip) e Pso com HAL (Figura 9). Os demais atributos químicos (pH, Ca, Mg, MO, P, K) foram isolados juntamente com os tratamentos T3 e T4, contudo, não contribuíram para explicar as mudanças da fauna edáfica, já que esses tratamentos não se associaram a nenhum grupo específico (Figura 9).

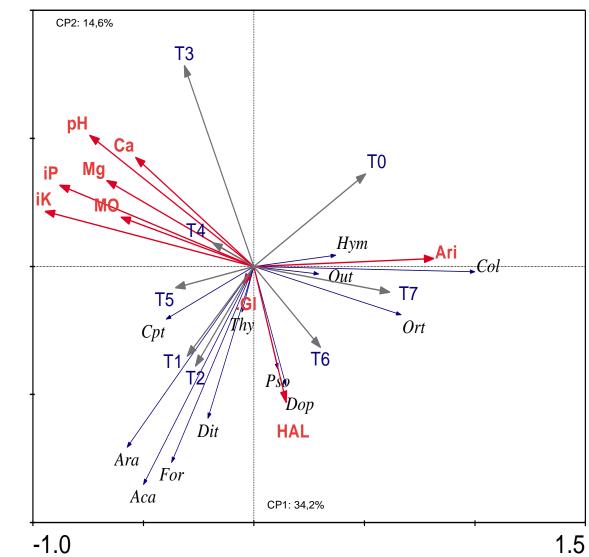
Figura 8 – Relação entre a Componente Principal 1 (CP1) e Componente Principal 2 (CP2) da Análise de Componentes Principais (ACP) dos grupos da fauna edáfica (setas azuis) e sua relação com os tratamentos (setas cinzas) e variáveis ambientais (setas vermelhas) na primeira época de coleta (E1).



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Azospirillum* spp.; T7: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle; Ari: Arilsulfatase; GI: β-glicosidase; HAL: Acidez potencial; pH: Potencial hidrogeniônico; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; iP: Fósforo; K: Potássio; MO: Matéria orgânica; Col: Collembola; Hym: Hymenoptera; Cpt: Coleoptera; Thy: Thysanoptera; Hem: Hemiptera; For: Formicidae; Out: Outros não identificados; Pso: Pscocoptera; Aca: Acarina; Ara:Araneae; Iso:Isoptera; Dit:Diptera; Ort:Orthoptera.

Figura 9 – Relação entre a Componente Principal 1 (CP1) e Componente Principal 2 (CP2) da Análise de Componentes Principais (ACP) dos grupos da fauna edáfica (setas azuis) e sua relação com os tratamentos (setas cinzas) e variáveis ambientais (setas vermelhas) na segunda época de coleta (E2).



T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Azospirillum* spp.; T7: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle; Ari: Arilsulfatase; GI: β-glicosidase; HAL: Acidez potencial; pH: Potencial hidrogeniônico; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; iP: Fósforo; K: Potássio; MO: Matéria orgânica; Col: Collembola; Hym: Hymenoptera; Cpt: Coleoptera; Thy: Thysanoptera; Hem: Hemiptera; For: Formicidae; Out: Outros não identificados; Pso: Pscocoptera; Aca: Acarina; Ara:Araneae; Iso:Isoptera; Dit:Diptera; Ort:Orthoptera.

Na análise geral dos componentes principais, independente da época de coleta (IE), 24,7 % da variabilidade foi explicada pela CP1 e 22,6% pela CP2, totalizando 47,3 %. Nota-se o isolamento da maioria das variáveis ambientais pela CP1 e a relação com alguns grupos, como Dip e Col.

Os tratamentos T1 e T2 estão fortemente associados aos grupos Ara, For e Ort, já os tratamentos T3 e T4 não associaram-se a nenhum grupo da fauna ou variável ambiental (Figura 10).

Os grupos Out e Der estão fortemente associados ao tratamento T7 e T0, o que pode ser explicado pela relação destes com a enzima Arilsulfatase. O tratamento T5 está fortemente associado aos grupos Hym, Dip e Col, enquanto o grupo Cpt associou-se aos teores de GI no solo e o grupo Isoptera (Isso) a HAL (Figura 10).

A Figura 11 exibe os índices de diversidade de Shannon (H) e Simpson (Is) na primeira (E1) e na segunda (E2) época de coleta, assim como a Figura 12, a qual representa os mesmos índices referentes a média independente da época de coleta (IE).

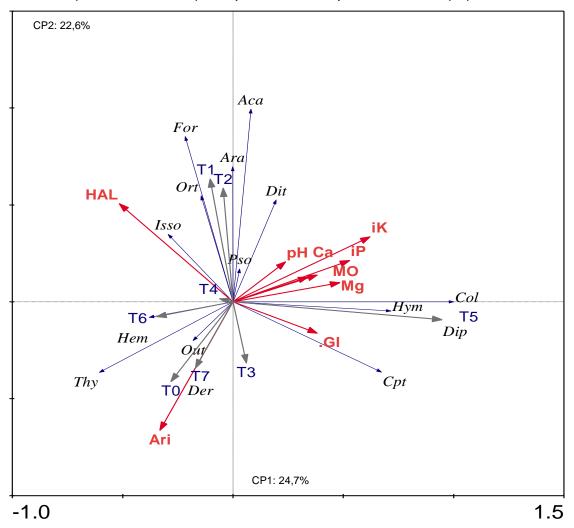
A diversidade da fauna edáfica diferiu entre os tratamentos avaliados nas duas épocas de coleta (Figuras 11A e 11B). Na E1 os tratamentos T6, T7 e T0 apresentaram maior diversidade de organismos evidenciada pelos índices de diversidade de Shannon (H) e Simpson (Is) (Figura 11A).

O tratamento T5 apresentou o menor índice de diversidade de organismos devido a da alta predominância de Collembola nesta área, demonstrando que a combinação de fertilizantes + inoculação com *Bacillus* spp. favorece as populações de colêmbolos.

Na E2 observou-se um resultado totalmente inverso para diversidade, onde os tratamentos T6, T7 e T0 exibiram os menores índices de diversidade de organismos (Figura 11B) quando comparados a E1, tal fato está relacionado a maior dominância pelo grupo Collembola, condizendo com os resultados da Tabela 2. Os demais tratamentos (T1, T2, T3, T4 e T5) apresentaram os maiores índices de diversidade (Figura 11B) e não diferiram entre si.

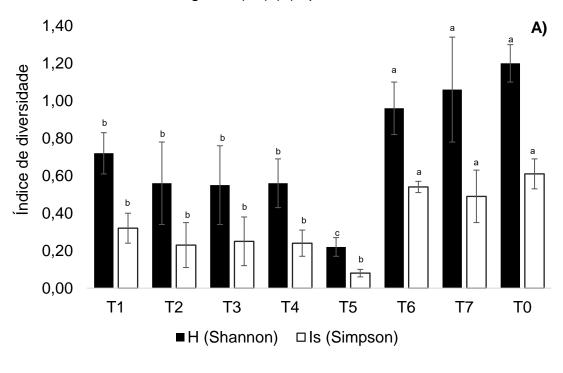
A análise dos resultados obtidos independente da época de coleta (IE), não mostrou diferença significativa para os índices de diversidade conforme aponta a Figura 12.

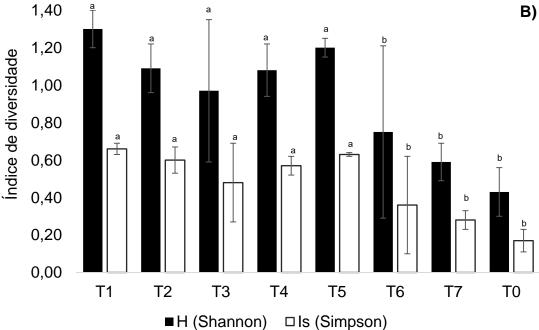
Figura 10 – Relação entre a Componente Principal 1 (CP1) e Componente Principal 2 (CP2) da Análise de Componentes Principais (ACP) dos grupos da fauna edáfica (setas azuis) e sua relação com os tratamentos (setas cinzas) e variáveis ambientais (setas vermelhas) independente da época de coleta (IE).



T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Azospirillum* spp.; T7: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle; Ari: Arilsulfatase; GI: β-glicosidase; HAL: Acidez potencial; pH: Potencial hidrogeniônico; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; iP: Fósforo; K: Potássio; MO: Matéria orgânica; Col: Collembola; Hym: Hymenoptera; Cpt: Coleoptera; Thy: Thysanoptera; Hem: Hemiptera; For: Formicidae; Out: Outros não identificados; Pso: Pscocoptera; Aca: Acarina; Ara:Araneae; Iso:Isoptera; Dit:Diptera; Ort:Orthoptera.

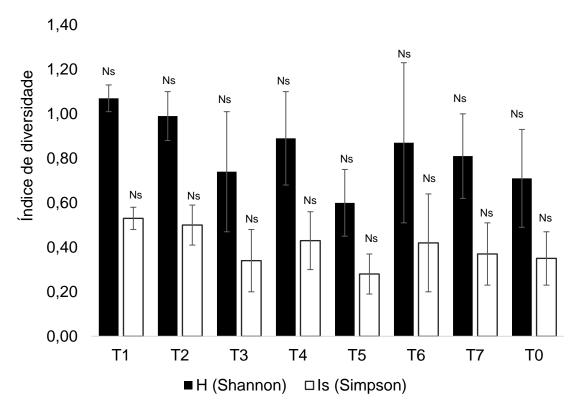
Figura 11 – Índices de diversidade de Shannon (H) e Simpson (Is) referentes aos organismos da fauna edáfica em diferentes tratamentos na primeira época (E1)(A) e na segunda (E2) (B) época de coleta.





Médias acompanhadas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>não significativo. T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Azospirillum* spp.; T7: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle.

Figura 12 – Índices de diversidade de Shannon (H) e Simpson (Is) referentes aos organismos da fauna edáfica em diferentes tratamentos independente da época de coleta (IE).



Médias acompanhadas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>não significativo. T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Azospirillum* spp.; T7: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle.

Os índices de Riqueza de grupos e Dominância na primeira (E1) e na segunda época (E2) e a média independente da coleta (IE) estão apresentadas na Tabela 2. Não foi observada diferença significativa para a Riqueza de grupos nas coletas realizadas e para Dominância na IE.

Na E1 a maior dominância foi obtida nos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, resultado este, que foi totalmente inverso ao observado na E2, onde os mesmos tratamentos exibiram os menores índices de dominância, demonstrando que na E2 houve maior diversidade de grupos nas áreas (Tabela 2).

Os tratamentos T6, T7 e T0 expressaram os menores índices de dominância na E1, com 0,46, 0,50 e 0,38, enquanto na E2 apresentaram os maiores índices de

0,64, 0,72 e 0,82, respectivamente. A variação entre as épocas está relacionada a maior frequência de colêmbolos nestes tratamentos durante a E2, acarretando maior índice de dominância (Tabela 2).

Tabela 2 – Índices de Riqueza e Dominância da fauna edáfica nas épocas E1 e E2 e Independente da época (IE) em diferentes tratamentos.

Tratamentos	Riqueza			Dominância (D)		
	E1 <sup>ns</sup>	E2 <sup>ns</sup>	IEns	E1	E2	IEns
T1	11±1,00	10±1,00	12±1,00	0,67 <sup>a</sup> ±0,08	0,34 <sup>b</sup> ±0,03	0,47± 0,05
T2	10±1,00	08±2,00	10±1,00	0,75 <sup>a</sup> ±0,12	$0.38^{b}\pm0.07$	$0,49 \pm 0,09$
T3	09±1,00	07±1,00	09±0,86	0,75 <sup>a</sup> ±0,13	$0,52^{b}\pm0,21$	$0,65 \pm 0,14$
T4	09±1,00	09±1,00	10±1,00	0,76a±0,07	$0,43^{b}\pm0,05$	$0,56 \pm 0,13$
T5	09±1,00	09±0,57	10±0,50	0,92 <sup>a</sup> ±0,02	0,37 <sup>b</sup> ±0,01	$0,72 \pm 0,09$
T6	07±1,00	09±1,00	09±0,28	0,46 <sup>b</sup> ±0,03	0,64 <sup>a</sup> ±0,26	0,57± 0,22
T7	12±1,00	08±1,00	13±0,40	0,50 <sup>b</sup> ±0,14	0,72 <sup>a</sup> ±0,05	$0,62 \pm 0,14$
T0	08±0,57	10±2,00	11±1,00	$0,38^{b}\pm0,08$	0,82a±0,06	0,67± 0,12

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Médias acompanhadas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>não significativo. T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Azospirillum* spp.; T7: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle.

# 4.2 PRODUÇÃO DE PASTAGEM E ANÁLISE ECONÔMICA

Os índices de produção de leite por tonelada de matéria seca (kg de leite ton MS), produção de leite por área (PLA) (kg leite ha<sup>-1</sup>), custo operacional efetivo da produção de pastagem (COE) e receita bruta por área (RBA) com manejo de um corte, dois cortes e média geral do sistema estão ilustrados na Tabela 3.

O tratamento T1 foi o mais oneroso totalizando um custo de R\$ 4.958,00 por hectare. Pode-se observar que os melhores índices produtivos e econômicos por área foram obtidos com a utilização do remineralizador, seja de forma única no tratamento T2 ou associado a adubação química nos tratamentos T3, T4 E T5. Os tratamentos T6, T7 e T0 foram menos produtivos e lucrativos (Tabela 3).

Tabela 3 – Custo operacional efetivo da produção de pastagem (COE), produção de leite por tonelada de matéria seca (PL/MS), produção de leite por área (PLA) e renda bruta por área (RBA) com um corte (I), dois cortes (II) e média geral (MG) nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	COE pastagem	PL/MS	PLA – I	PLA – II	PLA – mg	RBA – I	RBA – II	RBA – mg
	(R\$ ha <sup>-1</sup> )	(kg ton <sup>-1</sup> MS)	(kg ha <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(R\$ ha <sup>-1</sup> )	(R\$ ha <sup>-1</sup> )	(R\$ ha <sup>-1</sup> )
T1	4958	1720 <sup>b</sup> ± 20	1094a± 318	1645 <sup>a</sup> ±132	1370°± 132	2995 <sup>a</sup> ±240	1991a± 580	2493a± 240
T2	3709	1750 <sup>a</sup> ± 17	1247 <sup>a</sup> ± 560	1679 <sup>a</sup> ±234	1463 <sup>a</sup> ± 234	3056 <sup>a</sup> ±426	2270 <sup>a</sup> ± 1020	2663 <sup>a</sup> ± 426
Т3	4755	1712 <sup>b</sup> ± 17	1501 <sup>a</sup> ± 257	1725 <sup>a</sup> ±152	1613 <sup>a</sup> ± 152	3140 <sup>a</sup> ±277	2731 <sup>a</sup> ± 468	2935 <sup>a</sup> ± 277
T4	4765	1718 <sup>b</sup> ± 6	1860 <sup>a</sup> ± 682	1792 <sup>a</sup> ±380	1826 <sup>a</sup> ± 380	3261 <sup>a</sup> ±691	3386 <sup>a</sup> ± 1242	3323°± 691
T5	4852	1704 <sup>b</sup> ± 16	1674 <sup>a</sup> ± 195	1507 <sup>a</sup> ±272	1591a± 272	2742a ±496	3047a± 356	2895°± 496
Т6	4015	1737 <sup>a</sup> ± 6	549 <sup>b</sup> ± 336	1162 <sup>b</sup> ±158	856 <sup>b</sup> ± 158	2114 <sup>b</sup> ±288	1000 <sup>b</sup> ± 611	1557 <sup>b</sup> ± 288
T7	4102	1747 <sup>a</sup> ± 8	595 <sup>b</sup> ± 356	1568 <sup>b</sup> ±287	1081 <sup>b</sup> ± 287	2854 <sup>b</sup> ±523	1083 <sup>b</sup> ± 649	1969 <sup>b</sup> ± 523
T0	2969	1718 <sup>b</sup> ± 15	488 <sup>b</sup> ± 88	971 <sup>b</sup> ±105	730 <sup>b</sup> ± 105	1768 <sup>b</sup> ±191	887 <sup>b</sup> ± 160	1328 <sup>b</sup> ± 191

Médias acompanhadas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle.

Cabe ressaltar que o COE da pastagem é o mesmo independente do manejo de cortes, assim como, a produção de leite por tonelada de MS, visto que foi obtido da análise da amostra composta.

No segundo corte, os tratamentos T6 e T0 apresentaram as menores médias de PLA 1162 kg ha<sup>-1</sup> e 917 kg ha<sup>-1</sup> e a menor RBA de R\$ 2114 ha<sup>-1</sup> e R\$ 1768 ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 3).

Comparando o manejo de cortes, os tratamentos T4 e T5 foram os únicos que reduziram a PLA no segundo corte de 1860 kg ha<sup>-1</sup> para 1792 kg ha<sup>-1</sup> e de 1674 kg ha<sup>-1</sup> para 1507 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Apesar da ligeira queda de produção no segundo corte, o tratamento T4 com aplicação de fertilizante químico + remineralizador e inoculação com *Azospirillum* spp. ainda se destacou dentre os tratamentos com os melhores índices produtivos, apresentando a maior PLA de 1792 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3).

Quanto a análise geral de médias produtivas e econômicas do sistema, observa-se que as menores PLA de 856 kg ha<sup>-1</sup>, 1081 kg ha<sup>-1</sup> e 730 kg ha<sup>-1</sup> e RBA de R\$ 1557,00, R\$ 1969,00 e R\$ 1328,00, foram obtidas com os tratamentos T6, T7 e T0, respectivamente, os demais não diferiram entre si (Tabela 3).

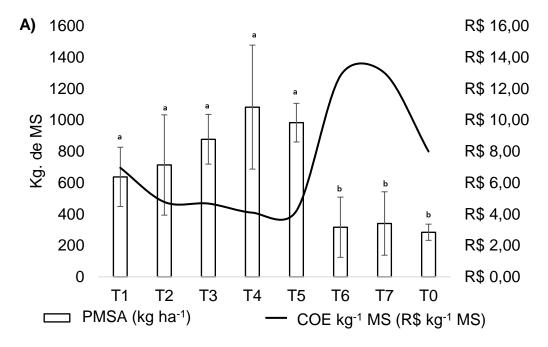
A produção de matéria seca por área (PMSA) e o custo operacional efetivo por kg de MS produzido com um corte estão representados na Figura 13A. Os tratamentos com a presença de remineralizador (T2, T3, T4 e T5) favoreceram PMSA, juntamente com o tratamento T1, contudo, pode-se observar que esse tratamento apresentou a menor média do grupo (637 kg ha<sup>-1</sup>) (Figura 13A).

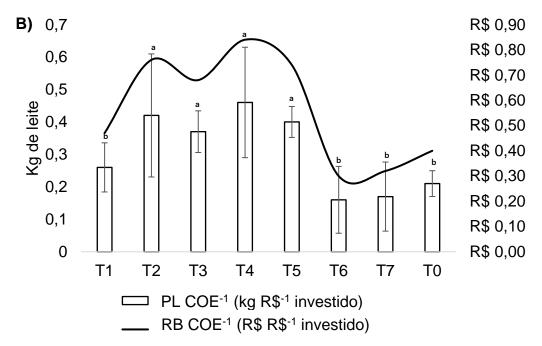
Os melhores resultados de PMSA (1082 kg ha<sup>-1</sup> e 983 kg ha<sup>-1</sup>) foram obtidos os tratamentos T4 e T5. Dessa forma, o menor custo operacional por kg de MS produzido foi verificado nos tratamentos T2, T3, T4 e T5, de R\$ 4,77, R\$ 4,67, R\$ 4,09 e R\$ 4,21, respectivamente (Figura 13A).

A adubação a base de fertilizante químico (T1) e com inoculação (T6 e T7) exibiram o maior custo de R\$ 6,95, R\$ 12,83 e R\$ 13,00, respectivamente, por kg de MS produzido (Figura 13A).

A receita bruta (RB) e a produção de leite (PL) por COE, ou seja, por real investido, são índices importantes a serem avaliados e estão apresentados na Figura 13B, nesse sentido, as maiores produções de 0,46, 0,42, 0,40 e 0,37 kg de leite e o melhor retorno econômico de R\$ 0,84, 0,76, 0,74 e 0,68 por real investido foram atingidos nos tratamentos T4, T2, T5 E T3, respectivamente (Figura 13B).

Figura 13 – Produção de matéria seca por área (PMSA) e custo operacional efetivo por kg de MS (A); produção de leite (PL) e receita bruta (RB) por real investido (B) com um corte nos diferentes tratamentos.





Médias acompanhadas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Azospirillum* spp.; T7: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle.

Os índices econômicos e de PMSA também foram estimados para o manejo de dois cortes na pastagem e ao final, também foram analisadas as médias gerais do sistema, tais dados estão apresentados nas Figuras 14 e 15.

Os tratamentos T4 e T5 reduziram a PMSA com dois cortes em comparação a produção com apenas um corte, passando de 983 kg ha<sup>-1</sup> para 884 kg ha<sup>-1</sup> e de 1082 kg ha<sup>-1</sup> para 1044 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 14A).

Quanto ao custo de produção por kg de MS, apesar de não diferir dos tratamentos T3 e T4, observa-se que a aplicação de remineralizador puro no tratamento T2 foi menos onerosa, com custo de apenas R\$ 3,12 por kg de MS produzido (Figura 14A).

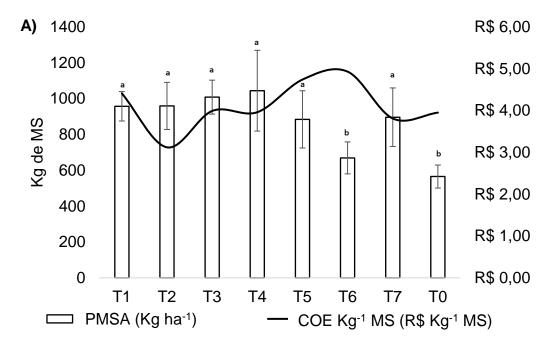
Nesse sistema, o uso de remineralizador no tratamento T2 apresentou os melhores índices de retorno econômico (Figura 14B), em que a produção de leite (0,57 kg) e a receita bruta (R\$ 1,03) por cada real investido foram maiores, diferindo dos demais tratamentos.

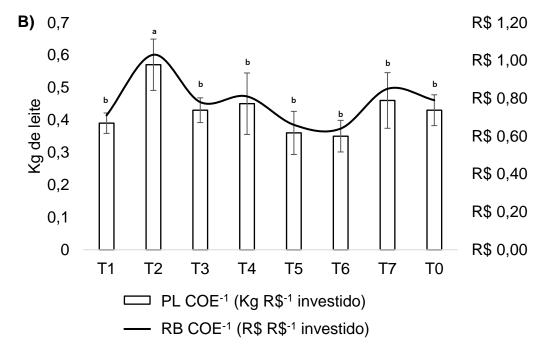
Na análise de médias, a PMSA seguiu a mesma tendência, com os menores resultados expressos pelos tratamentos a base de adubação química + inoculação T6 e T7 e controle T0, devido a isso, o custo de produção por kg de MS foi mais elevado (Figura 15A).

Os tratamentos T2, T3, T4 e T5 em que há presença de remineralizador, não diferiram do tratamento T1 com adubação química na PMSA, contudo, apresentaram o melhor retorno econômicos em PL (0,49, 0,40, 0,45 e 0,38 kg, respectivamente) e RB (R\$ 0,90, 0,73, 0,82 e 0,70, respectivamente) por real investido.

Na análise geral de retorno econômico, os três tratamentos a base de adubação química T1, T6, T7 e controle T0 responderam negativamente, pois apresentaram os maiores custos de produção por kg de MS (R\$5,31, 6,94, 5,67 e 5,23, respectivamente) (Figura 15A), menor PL (0,32, 0,26, 0,32 e 0,32 Kg, respectivamente) e menor RB (R\$ 0,59, 0,47, 0,58 e 0,59 por real investido, respectivamente (Figura 15B).

Figura 14 – Produção de matéria seca por área (PMSA) e custo operacional efetivo por kg de MS (A); produção de leite (PL) e receita bruta (RB) por real investido (B) com dois cortes nos diferentes tratamentos.

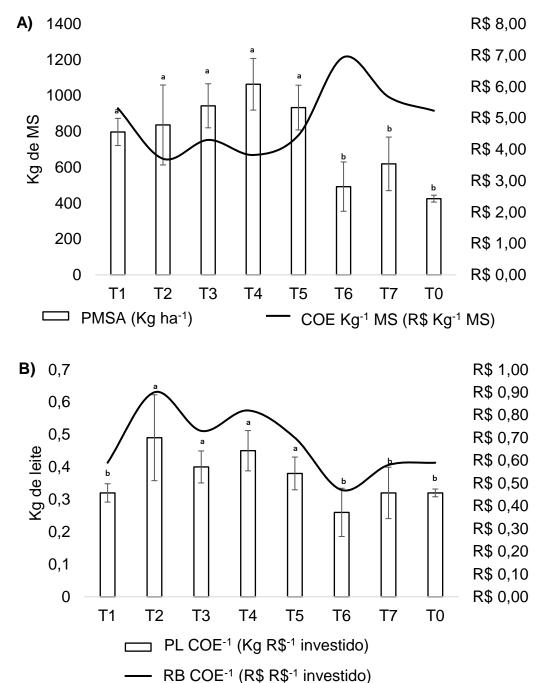




Médias acompanhadas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Azospirillum* spp.; T7: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle.

Figura 15 – Produção de matéria seca por área (PMSA) e custo operacional efetivo por kg de MS (A); produção de leite (PL) e receita bruta (RB) por real investido (B).

Média geral do sistema nos diferentes tratamentos.



Médias acompanhadas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + *remineralizador* + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle.

Os resultados bromatológicos referentes a pastagem, independente do manejo de cortes são apresentados na Tabela 4. Os teores de fibra do material vegetal (FDA e FDN) apresentaram diferença entre os tratamentos, mas apesar de não ser tão expressiva, os menores teores foram obtidos nos tratamentos T6 e T7 com adubação exclusivamente química e no tratamento T2 com a utilização do remineralizador.

A pastagem produzida demonstrou excelentes níveis de PB, no entanto, não foi observado efeito das diferentes formas de adubação sobre o teor de PB, já que não apresentaram diferença entre os tratamentos.

Tabela 4 – Níveis de proteína bruta (PB) e de fibras em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN) obtidos na análise químico-bromatológica da pastagem nos diferentes tratamentos, independente do manejo de cortes.

Tratamentos	PB (%) <sup>ns</sup>	FDA (%)	FDN (%)
T1	27,73± 2,00	$25,44^a \pm 0,76$	$39,25^a \pm 2,00$
T2	28,56± 0,27	$24,88^a \pm 0,18$	$38,26^{b} \pm 1,00$
Т3	27,20± 0,55	$25,51^a \pm 0,39$	$39,81^a \pm 1,00$
T4	27,42± 0,34	$25,60^a \pm 0,46$	$39,87^a \pm 0,42$
T5	27,27± 0,96	$26,0^{a} \pm 0,39$	$40,29^a \pm 1,00$
T6	27,95± 0,72	$24,01^{b} \pm 0,40$	$37,80^{b} \pm 0,40$
T7	28,22± 0,40	$23,34^{\circ} \pm 0,53$	$37,56^{b} \pm 0,59$
T0	27,94± 1,00	$23,33^{c} \pm 0,29$	$37,52^{b} \pm 1,00$

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Médias acompanhadas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup> não significativo. T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Azospirillum* spp.; T7: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle.

# 4.3 RENDIMENTO DE GRÃOS E VIABILIDADE ECONÔMICA

A composição nutricional dos grãos independente do manejo de cortes é apresentada na Tabela 5. Os níveis de proteína bruta (PB), bem como os teores de amido, extrato etéreo (EE) e nutrientes digestíveis totais (NDT) não diferiram entre os tratamentos avaliados, ou seja, as diferentes adubações não influenciaram na qualidade bromatológica dos grãos de trigo duplo propósito (Tabela 5).

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados de rendimento de grãos (RG) de trigo duplo propósito e receita bruta por área (RBA) com um (I) e dois cortes (II) nos diferentes tratamentos.

No sistema de um corte os tratamentos T2 com remineralizador puro e T3 associado à adubação química apresentaram os maiores rendimentos, com média de 2.600 kg ha<sup>-1</sup> e 2.581 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, igualando-se ao tratamento T7 com adubação química + inoculação com *Bacillus* spp. (2.565 Kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 6).

Quanto a RBA, os tratamentos com remineralizador T2 e T3 retratam os maiores valores (R\$ 3.328,00 e R\$ 3.304,00) no sistema de um corte em decorrência do maior RG, igualando-se ao tratamento T7 com fertilizante químico (Tabela 6).

Da mesma forma ocorreu com a realização de dois cortes, em que o maior RG e RBA nos tratamentos T2 e T3 com uso de remineralizador não diferiu dos tratamentos T6 e T7 com adubação química (Tabela 6).

Apesar do baixo rendimento de grãos em todos os tratamentos avaliados, o uso de remineralizador tem se destacado e apresentado médias produtivas maiores do que o tratamento com aplicação de 100 % de N-P-K (Tabela 6).

Tabela 5 – Níveis de proteína bruta (PB), amido, extrato etéreo (EE) e nutrientes digestíveis totais (NDT) obtidos na análise químico-bromatológica nos diferentes tratamentos, independente do manejo de cortes.

Tratamentos	PB (%) <sup>ns</sup>	Amido (%) <sup>ns</sup>	EE (%) <sup>ns</sup>	NDT (%) <sup>ns</sup>
T1	15,97± 0,61	63,19± 1,60	2,12± 0,15	83,12± 0,18
T2	$16,34 \pm 0,28$	62,07± 1,12	$2,09 \pm 0,19$	82,90± 0,28
Т3	16,29± 0,44	64,18± 1,76	$1,93 \pm 0,08$	83,11±0,27
T4	15,42± 0,68	63,60± 1,44	$1,05 \pm 0,06$	$82,93 \pm 0,30$
T5	15,86± 1,04	63,68± 1,23	1,94± 0,10	82,96± 0,22
T6	15,49± 0,51	63,89± 0,57	$2,00 \pm 0,13$	82,99± 0,24
T7	15,55± 0,80	64,84± 0,93	1,92± 0,13	83,23± 0,07
T0	14,89± 0,30	65,57± 1,07	1,76± 0,15	83,04± 0,09

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

nsnão significativo. T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Azospirillum* spp.; T7: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle.

Tabela 6 – Rendimento de grãos (PG) e receita bruta por área (RBA) com um (I) e
dois cortes (II) nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	RG I	RBA I	RG II	RBA II
	(kg ha <sup>-1</sup> )	(R\$ ha <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(R\$ ha <sup>-1</sup> )
T1	2197 <sup>b</sup> ± 119	2812 <sup>b</sup> ± 153	1343 <sup>b</sup> ± 50	1719 <sup>b</sup> ± 64
T2	2600°± 306	3328 <sup>a</sup> ± 392	1718 <sup>a</sup> ± 450	2199°± 576
Т3	2581°± 277	$3304^{a} \pm 75$	1786 <sup>a</sup> ± 169	2286°± 216
T4	2057 <sup>b</sup> ± 61	2636 <sup>b</sup> ± 187	1432 <sup>b</sup> ± 203	1833 <sup>b</sup> ± 260
T5	2039 <sup>b</sup> ± 146	2611 <sup>b</sup> ± 164	1168 <sup>b</sup> ± 116	1496 <sup>b</sup> ± 149
Т6	2104 <sup>b</sup> ± 128	2694 <sup>b</sup> ± 231	1588 <sup>a</sup> ± 184	2032 <sup>a</sup> ± 235
Т7	2565 <sup>a</sup> ± 181	3284 <sup>a</sup> ± 211	2033 <sup>a</sup> ± 71	2602a± 91
T0	2100 <sup>b</sup> ± 57	2689 <sup>b</sup> ± 74	1064 <sup>b</sup> ± 42	1363 <sup>b</sup> ± 54

Médias acompanhadas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + *Racillus* spp.; T7: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle.

A Tabela 7 apresenta a média geral de produtividade do sistema e a receita bruta obtida. Os maiores RG foram obtidos com os tratamentos T2: 2159 kg ha<sup>-1</sup>, T3: 2184 kg ha<sup>-1</sup> e T7: 2299 kg ha<sup>-1</sup>, seguindo a mesma tendência para a RBA de R\$ 2,764,00, R\$ 2.795,00 e R\$ 2.943,00, respectivamente.

Para finalizar as análises econômicas, a Figura 16 apresenta a receita bruta total (RB total) e as sobras (SB) por área do sistema produtivo (leite + grãos) com a realização de um (Figura 16A) e dois cortes (Figura 16B).

Nesse sentido, os tratamentos T2, T3, T4 e T5 em que há presença de remineralizador, seja puro ou associado a adubação química + inoculação, apresentaram maior RB total de R\$ 5.597,00, R\$ 6.035,00, R\$ 6.020,00 e R\$ 5.658,00, respectivamente, diferindo dos tratamentos T1, T6 e T7 com adubação química, os quais retrataram as menores receitas com um corte (Figura 16A).

Deduzindo os custos totais de produção, os tratamentos com as maiores SB em R\$ ha<sup>-1</sup> foram T2 e T3 com R\$ 1.616,00 e R\$ 1.008,00. Os tratamentos T1, T6 e T7 à base de adubação química apresentaram prejuízo de -R\$ 425,00, -R\$ 593,00 e -R\$ 5,90, respectivamente (Figura 16A).

Já na realização de dois cortes, apenas os tratamentos T5 (R\$ 4.238,00), T6 (R\$ 4.147,00) e T0 (3.109,00) obtiveram menor RB total, os demais não diferiram entre si com as maiores médias. Na análise de SB, os tratamentos T1, T5, T6 e T0 indicaram prejuízos de -R\$ 516,00, -R\$ 884,00, -R\$ 139,00 e -R\$130,00, respectivamente. As maiores sobras foram obtidas a aplicação de remineralizador no tratamento T2 (R\$ 1.320,00) e no tratamento T7 (R\$ 1.083,00) (Figura 16B).

Na análise geral de médias (um + dois cortes) representada pela Figura 17, as maiores RBAs total foram obtidas nos tratamentos T2 = R\$ 5.764,00, T3 = R\$ 5.731,00 e T4 = R\$ 5.557,00 ambos com a presença de remineralizador. Os tratamentos T1, T5, T6 apresentaram as menores receitas e a produtividade não foi suficiente para cobrir os custos de produção, acarretando prejuízos de -R\$ 470,00, -R\$ 174,00, -R\$ 366,00, respectivamente (Figura 17).

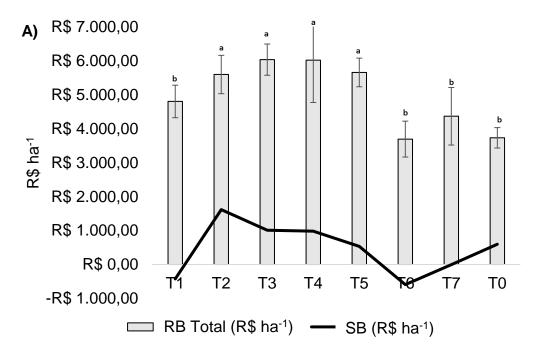
Tabela 7 – Rendimento de grãos (RG) e receita bruta por área (RBA). Média geral do sistema nos diferentes tratamentos.

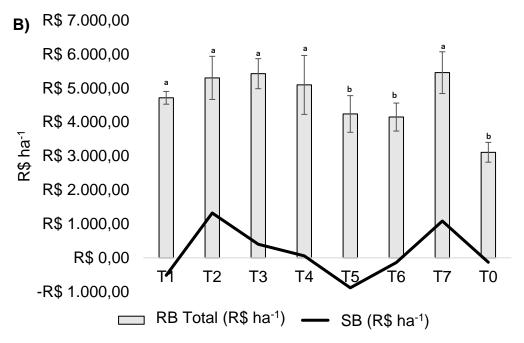
Tratamentos	RG - Média (kg ha <sup>-1</sup> )	RBA - Média (R\$ ha <sup>-1</sup> )
T1	1770 <sup>b</sup> ±50	2266 <sup>b</sup> ±64
T2	2159 <sup>a</sup> ±421	2764 <sup>a</sup> ±484
Т3	2184 <sup>a</sup> ±169	2795 <sup>a</sup> ±216
T4	1745 <sup>b</sup> ±203	2233 <sup>b</sup> ±260
T5	1604 <sup>b</sup> ±116	2053 <sup>b</sup> ±149
T6	1846 <sup>b</sup> ±184	2363b ±235
T7	2299 <sup>a</sup> ±71	2943 <sup>a</sup> ±91
T0	1582 <sup>b</sup> ±42	2026 <sup>b</sup> ±54
	Canta: Clabanada nala autan	(0000)

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Médias acompanhadas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + *remineralizador* + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle.

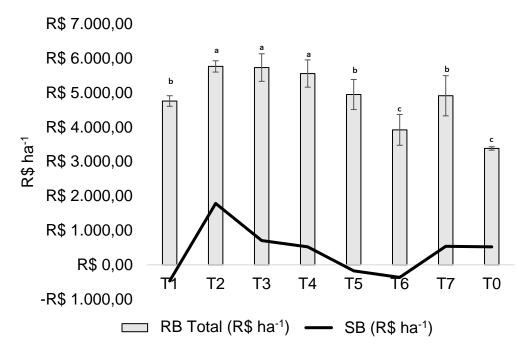
Figura 16 – Receita Bruta total do sistema (RB total) e sobras (SB) por área com um corte (A) e dois cortes (B). Somatório da produção de leite e grãos nos diferentes tratamentos.





Médias acompanhadas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + *remineralizador* + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle.

Figura 17 – Receita Bruta total do sistema (RB total) e sobras (SB) por área com um corte (A) e dois cortes (B). Somatório da produção de leite e grãos nos diferentes tratamentos.



Médias acompanhadas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. T1: 100 % do N-P-K, fórmula 09-33-12; T2:adubação somente com remineralizador; T3: 75 % da dose de N-P-K + remineralizador; T4: 75 % do N-P-K + remineralizador + *Azospirillum* spp.; T5: 75 % do N-P-K + *remineralizador* + *Bacillus* spp.; T6: 75 % do N-P-K + *Bacillus* spp. e; T0: controle.

# 5 DISCUSSÃO

## 5.1 FAUNA EDÁFICA

Com base nos resultados desse estudo, fica evidente que os grupos com maior frequência relativa independente dos tratamentos e épocas de coleta foram Collembola, Formicidae e Acarina, corroborando com os resultados encontrados por Balin et al. (2017) e Baretta et al. (2006), onde a frequência relativa desses três grupos representou mais de 90 % da ocorrência total da fauna edáfica nos sistemas de uso e manejos estudados (Figuras 3A, 3B e 4).

Os grupos funcionais foram responsivos à época de coleta, repercutindo no domínio dos grupos micrófagos (Collembola) e sociais (Formicidae/Hymenoptera), além disso, responderam às alterações no ambiente, como mudanças de temperatura, precipitação, umidade do solo e disponibilidade de alimento (ALMEIDA et al., 2017; OLIVEIRA FILHO; BARETTA; SANTOS, 2014), que segundo Han et al. (2007) são fatores críticos que influenciam a atividade biológica do solo, regulando a presença ou ausência das espécies e a sua mobilidade.

A variação nos resultados também está relacionada ao método de coleta, a variação sazonal das espécies e ao manejo de adubação (BEZERRA et al., 2022; PEREIRA, J. et al., 2020; SOUZA. et al., 2022). Observa-se que o grupo Collembola foi o mais frequente em todos os tratamentos utilizados apresentando variação do número de indivíduos encontrados em cada um deles.

Isso ocorreu devido ao bom manejo da área agrícola, pois as diferentes coberturas vegetais, assim como, a aplicação de fertilizantes químicos ou orgânicos podem ter influência direta sobre as populações da fauna edáfica, determinando a composição dos resíduos que servem de alimento para os organismos (BEDANO et al., 2015; MOÇO et al., 2005; SILVA, Rodrigo et al., 2014).

A primeira coleta foi realizada sob resíduos vegetais da cultura da soja, diferentemente da segunda época, em que a área estava sendo cultivada com trigo duplo propósito. Portanto, além dos fatores citados anteriormente, a simplificação do habitat influenciou a qualidade do alimento disponível, contribuindo para a maior disponibilidade com características favoráveis aos colêmbolos e desfavoráveis a outros grupos (DE GOES. et al., 2021). Além do mais, a aplicação do remineralizador proporcionou um ambiente favorável para o estabelecimento das populações desse grupo na primeira época de coleta.

Na E2 evidenciou-se a maior ocorrência do grupo Acarina nos tratamentos T1, T2 e T3. Nota-se que nestes tratamentos a frequência do grupo Collembola foi menor demonstrando relação entre os dois grupos (Figura 3B). De acordo com alguns autores, os colêmbolos são fonte de alimento para outros organismos, incluindo ácaros predadores (BARETTA et al., 2011; BELLINGER, 2015; ANTONIOLLI et al., 2013; OLIVEIRA FILHO; BARETTA, 2016).

Além disso, a maior ocorrência de ácaros na E2 (Figura 3B) pode estar associada a baixa precipitação e as altas temperaturas registradas durante o período, devido a capacidade de resistência e adaptação às condições de alta temperatura e variações no regime hídrico quando comparados aos colêmbolos (SEGAT et al., 2021; SOUTO et al., 2008; LIMA S. et al., 2019). O mesmo comportamento foi observado por Segat et al. (2021) no município de Lauro Muller/SC, quando a frequência de Collembola foi reduzindo com o passar dos meses e a de ácaros aumentando.

O grupo Acarina é considerado o mais abundante da mesofauna (MOREIRA et al., 2018), portanto, a presença de ácaros é essencial para o funcionamento do sistema, já que estão relacionados ao processo de formação do solo, decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (BARETTA et al., 2011).

Quanto a análise de agrupamentos nas diferentes épocas, os resultados evidenciam que o grupo Collembola exerceu domínio sobre os demais grupos da fauna (Figura 5A), justificando a separação do tratamento T5 na E1 (Figura 5B). Alves et al. (2018) realizaram um estudo no município de Campos Novos/SC demonstrando o mesmo comportamento, onde o tratamento AOM (adubação organomineral) separou-se dos demais em resultado do maior número de organismos encontrados nessa área.

Na E2 e IE ocorreu também o agrupamento dos grupos Acari e Formicidae devido a maior abundância de organismos destes grupos (Figuras 6A e 7A), corroborando com o estudo de outros autores, em que os mesmos grupos se isolaram dos demais (BARETTA et al., 2003, 2006; ALVES; BARETTA; CARDOSO, 2006).

Os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 apresentaram os menores índices de diversidade (H e Is) na E1 (Figura 11A). Tal fato ocorreu devido a maior dominância do grupo Collembola nessas áreas. Por outro lado, na E2, esses mesmos tratamentos obtiveram os melhores índices de H e Is, indicando que naquelas condições (climáticas e de cultivo), o ambiente foi mais favorável para a sobrevivência dos

organismos (Figura 11B), corroborando com os resultados obtidos por Segat et al. (2021).

A diversidade de invertebrados está relacionada a dominância de grupos, ou seja, quanto maior a dominância de um grupo, menor será a diversidade e a uniformidade quanto às espécies. Neste caso, a utilização do remineralizador aliado aos demais fatores ambientais proporcionou o maior índice de diversidade de espécies na E2, isso resulta na produção de estruturas fundamentais para a conservação e dinâmica da matéria orgânica do solo, ciclagem de nutrientes e manutenção das propriedades físicas essenciais para uma produção sustentável (LAVELLE, 1996; SOUTO et al., 2008).

Na análise de componentes principais da E1 o grupo Formicidae foi separado pela CP2, juntamente com os tratamentos T6 e T7 em que a adubação foi realizada a base de fertilizante químico solúvel, cuja explicação dar-se a acidez potencial (H+Al) e a enzima Arilsulfatase (Figura 8). Esses resultados divergiram dos encontrados por Rosa et al. (2015) em estudo com diferentes sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense, onde o grupo Formicidae associou-se ao maior teor de matéria orgânica. Contudo, assemelharam-se a outros estudos que também evidenciaram a presença de formigas em áreas degradadas e com a presença de acidez (ALVES et al., 2008; CABRAL et al., 2016; GRZÉS, 2010).

O tratamento T5 foi isolado dos demais na E1 com forte associação aos grupos Collembola, Coleoptera e Hymenoptera indicando relação com a atividade enzimática do solo (Figura 8). Observa-se que na E2 ocorreu associação dos mesmos grupos com as enzimas do solo (Arilsulfatase e β-glicosidase), ou seja, a associação de remineralizador com a fórmula química e inoculação de sementes favoreceu a atividade enzimática e o estabelecimento dos grupos na área (Figura 9).

Os atributos químicos pH, Ca, Mg, P, K e MO demonstraram maior associação aos grupos Diptera e Orthoptera e ao tratamento T3 na E1 (Figura 8), corroborando com diversos autores que também destacaram a associação entre o teor de Ca e o grupo Diptera em diferentes épocas e métodos de coleta e a interação pH e de outros nutrientes do solo com esses grupos (MARTINS et al., 1017; OLIVEIRA FILHO et al., 2018; ROSA et al., 2015).

No estudo realizado por Rosa et al. (2015), a maioria dos grupos da macrofauna foram correlacionadas ao teor de MO na análise de verão, fato este que não ocorreu no presente estudo, pois a maioria dos atributos químicos, inclusive MO, isolaram-se

juntamente com os tratamentos T3 e T4 na coleta de verão (E2) não demonstrando nenhuma associação com os grupos da fauna.

De modo geral, os grupos da fauna edáfica, especialmente Collembola, mostraram-se sensíveis as modificações do ambiente. Estes resultados indicam que as variáveis ambientais atuaram de forma diferente sob os grupos da fauna durante as épocas de coleta e que os atributos químicos do solo, juntamente com as condições edafoclimáticas, tipo de manejo e cobertura vegetal foram fatores determinantes para o estabelecimento de diferentes grupos na área (COLLISON; RIUTTA; SLADE, 2013).

A falta de publicações relacionando o efeito dos remineralizadores sobre as populações da fauna edáfica dificulta as comparações dos resultados desta pesquisa, evidenciando a necessidade de outros estudos, tendo em vista a grande relevância dos organismos para a manutenção da vida no solo.

# 5.2 PRODUÇÃO DE PASTAGEM E ANÁLISE ECONÔMICA

Diversos trabalhos foram realizados com o objetivo de avaliar a produção de forragem de trigo duplo propósito manejado sob diferentes sistemas de corte. Carletto et al. (2015) demonstraram a influência do número de cortes sob o genótipo estudado, em que o tratamento sem corte de forragem foi responsável pela maior média de 13.096 kg ha<sup>-1</sup>, maiores do tratamento com apenas um corte, cuja produção foi de 10.160 kg ha<sup>-1</sup> e do tratamento com dois cortes, o qual reduziu drasticamente a produção de fitomassa seca, apresentando a menor média de 4.008 kg ha<sup>-1</sup>. Resultado este, que difere dos encontrados no presente estudo, já que a produção de MS com dois cortes foi superior às médias do sistema com apenas um corte (Figuras 13A e 14A).

Os valores de produção de MS com um corte foram semelhantes aos obtidos por Menegol et al. (2012), que verificaram produção média de 730 kg ha<sup>-1</sup> e 597 kg ha<sup>-1</sup> nas cultivares BRS Umbu e BRS Tarumã no primeiro corte aos 51 dias após a emergência.

Já é comprovado que o manejo da adubação influencia os índices produtivos das cultivares de trigo duplo propósito (HASTENPFLUG et al., 2011; HENZ et al., 2016; LIMA et al., 2016; RONSANI et al., 2018). Hastenpflug et al. (2011) observaram efeito significativo da adubação nitrogenada sobre a produção de forragem em quatro cultivares de trigo duplo propósito: BRS Umbu, BRS Tarumã, BRS Figueira e BRS Guatambu, as quais apresentaram crescimento linear com o aumento da dose de

nitrogênio até 120 kg ha<sup>-1</sup> e dobraram a produção de forragem no segundo corte, corroborando com os resultados do presente estudo, em que a produção de MS também foi maior no segundo corte (Figura 14B), o que pode estar relacionado ao aumento da capacidade de rebrote da planta após o primeiro corte, induzindo a formação de novos perfilhos, e ao efeito do bom manejo da fertilidade do solo com menos perdas de nutrientes devido a liberação lenta nos tratamentos com remineralizadores, bem como, das condições edafoclimáticas favoráveis durante o período de crescimento vegetativo (BRITO et al., 2019; HASTENPFLUG et al., 2011).

Em relação aos efeitos das adubações alternativas, Fabbris (2013) obteve resultados positivos na produção de matéria seca de trigo duplo propósito a base de dejeto líquido suíno, onde a dose de 20 m³ ha⁻¹ superou a produção em comparação a adubação química, da mesma forma, em que os tratamentos com aplicação de remineralizador foram superiores à adubação exclusivamente química no presente estudo.

Ainda, as melhores médias de produção de MS foram obtidas nos tratamentos com a utilização de remineralizador associado a adubação química e a inoculação, seja ela com *Bacillus* spp. ou *Azospirillum* spp. (T4 e T5) em ambos os cortes, esse aumento na produção de MS está correlacionado a atividade das bactérias, que apesar de não produzirem nódulos e serem conhecidas como rizobactérias extracelulares, podem beneficiar o desenvolvimento das plantas através da solubilização dos nutrientes fornecidos pelos fertilizantes (MACHADO et al., 2020).

Esses resultados foram semelhantes ao estudo de Cassimiro et al. (2022), onde verificaram na Região Sul de Minas Gerais o potencial da produção vegetal de plantas das cultivares *T. majus* nos tratamentos com aplicação de fonolito (rocha moída) inoculadas com estirpes bacterianas, incluindo *Azospirillum* spp. O remineralizador utilizado pelos autores, associado a inoculação, obteve maior peso fresco das folhas e raízes apresentando resultado similar em comparação ao tratamento com aplicação de KCI.

Dessa forma, os resultados encontrados no presente estudo estão relacionados às condições favoráveis do solo e a lenta liberação dos nutrientes contidos no remineralizador durante todo o ciclo da cultura, já que a eficiência de aplicação está diretamente ligada a atividade da fauna edáfica e ao processo de intemperização da rocha (NETO et al., 2016). Neste caso, destaca-se o potencial de utilização das bactérias solubilizadoras via inoculação, que além de contribuírem no crescimento

vegetal, no aumento da produtividade e na rentabilidade do sistema, podem ainda reduzir a utilização de fertilizantes químicos solúveis e contribuir para uma agricultura mais sustentável (LOPES et al., 2021; SILVA et al., 2022).

A variação na produção de leite kg ton-1 MS está relacionada a qualidade nutricional da pastagem, que apesar da diferença estatística, os valores nominais foram muito semelhantes, assim como os teores FDA e FDN (Tabela 4). Do ponto de vista nutricional, Mertens, (1997) define as fibras (FDA, FDN) como a fração indigestível ou de lenta digestão que ocupam espaço no trato gastrointestinal dos animais. A FDN é um componente essencial na dieta de vacas em lactação para manutenção da função ruminal, por outro lado, quando fornecida acima do limite máximo pode reduzir a ingestão de MS e, consequentemente, diminuir a produtividade (LIMA, M. et al., 2012).

O teor de fibras encontrado nas amostras de pastagem pode estar atrelado à altura de corte, já que desfolhação pelo pastejo é um fator que influencia a qualidade bromatológica da pastagem, considerando que a diferença de altura no momento de pastejo altera a relação folha:colmo. O rebaixamento da pastagem além do recomendado utiliza a parte estrutural da planta, ou seja, há maior ingestão de colmos, este, com maior teor de fibras na sua composição, o que reduz o valor nutritivo do material ofertado aos animais, portanto, as pastagens manejadas nas alturas indicadas pela literatura irão proporcionar melhores produções e melhor desempenho animal (JOCHIMS; LUDTKE, 2020; PIAZZETTA et al., 2009).

Quanto aos teores de PB, pode-se observar que não houve diferença entre os tratamentos estudados (Tabela 4), todavia, os resultados foram positivos e apresentaram valores acima de 27 % promovendo ganhos na produção de leite NRC (2001), corroborando com Zilio; Peloso e Mantovani, (2017) que também não constataram diferença na proteína bruta em relação a adubação e manejo de cortes em trigo duplo propósito.

O rendimento da pastagem em kg ha<sup>-1</sup> foi o principal determinante para a produção de leite por área, onde os maiores índices produtivos foram obtidos nos tratamentos com maior produção de MS. Essa relação também foi verificada por Barreta et al. (2020) onde a maior produtividade de leite (4325 kg ha<sup>-1</sup>) foi obtida no tratamento com aveia fertilizada, devido à alta produção de MS (3930 kg ha<sup>-1</sup>) deste tratamento.

A utilização de cereais de duplo propósito representa uma das formas mais econômicas de alimentação para vacas leiteiras, resultando em maior produção de leite, além de contornar a deficiência quantitativa e qualitativa de forragem durante o período crítico do ano (FOLCHINI et al., 2021). Economicamente, quando bem manejado, o sistema dependente da pastagem aliado a métodos de fertilização eficientes apresentam os melhores resultados, possibilitando a redução de custos e a maior flexibilidade no sistema produtivo (SILVA, Hernani et al., 2008).

Logo, o uso de remineralizador no tratamento T2 se destacou com o menor custo de produção de MS (Tabela 3) devido aos insumos utilizados e maior retorno financeiro em kg de leite e receita bruta por real investido, independente do manejo de cortes (Figura 15), demonstrando a viabilidade de utilização deste insumo dentro do sistema avaliado, o que pode ser explicado pela disponibilização dos nutrientes durante todo o ciclo permitindo o desenvolvimento da cultura (BRITO et al.,2019).

Na comparação entre adubação química convencional e adubação orgânica a base de cama de aves na cultura do milho na Região Oeste do Paraná, Bulegon et al. (2012) verificaram maior custo de produção com a adubação convencional devido ao elevado valor dos fertilizantes químicos, corroborando com os resultados do presente estudo. Por outro lado, os autores destacaram que com o aumento da dose de cama de aves houve redução na receita bruta (BULEGON et al., 2012), diferentemente do ocorrido neste estudo com o tratamento à base de remineralizador, em que o mesmo manteve elevada a receita bruta por área e apresentou o melhor retorno por real investido no manejo de cortes (R\$ 1,19, R\$ 1,60 e R\$ 1,40).

Ainda assim, todos os resultados de retorno econômico da produção de leite em kg R\$<sup>-1</sup> investido foram menores dos observados por Rennó et al. (2008) em diferentes estratégias de alimentação de vacas leiteiras, em que a média de retorno por litro foi de R\$3,93, no entanto, assemelharam-se aos encontrados por Kruger et al. (2019).

Os maiores índices de retorno econômico foram obtidos nos tratamentos com maior produção de MS, que refletiram na produção de leite por área, juntamente com o menor custo de investimento, principalmente nos tratamentos com utilização de remineralizador, já que não houve aplicação do insumo durante o ciclo da cultura e os resultados foram alcançados apenas com o efeito residual das aplicações anteriores, reforçando a hipótese de que o tempo de reação do insumo é essencial para a disponibilização dos nutrientes no solo.

### 5.3 RENDIMENTO DE GRÃOS E VIABILIDADE ECONÔMICA

A produtividade de grãos do presente estudo (Tabela 6) ficou abaixo dos resultados encontrados na literatura (MANFRON et al., 2022; FOLCHINI et al., 2022). De acordo com as recomendações técnicas para a cultivar BRS Pastoreio, a produtividade estimada após dois cortes seria de 3.037 kg ha<sup>-1</sup> (CASTRO et al., 2016), o que não ocorreu no presente estudo, haja vista que a média de produtividade com dois cortes foi de apenas 1,516 kg ha<sup>-1</sup>, aproximadamente 50 % a menos do que o esperado.

Em estudo com a mesma cultivar, Manfron; Fontaneli, (2019) obtiveram produtividade média de 4.257 kg ha<sup>-1</sup> em sistema de um corte e 3.266 g ha<sup>-1</sup> com a realização de dois cortes, 46 % e 53 % a mais que no presente estudo. Os autores reiteram o potencial produtivo da cultivar BRS Pastoreio em comparação a BRS Tarumã, com diferença no rendimento de grãos de 1.300 kg ha<sup>-1</sup> e 580 kg ha<sup>-1</sup> com um e dois cortes.

Conforme as recomendações técnicas para a cultivar BRS Pastoreio, a época preferencial de plantio está entre os meses de abril e maio (CASTRO et al., 2016), no entanto, devido a condições adversas atrasou-se a época de semeadura que neste estudo foi realizada no início do mês de Julho, além disso, a incidência de doenças relatadas como a ferrugem (Anexo B – Figura complementar 4C) e a baixa precipitação (Anexo B – Figura complementar 2) durante o período de espigamento e maturação dos grãos pode ter influenciado a produtividade da cultura.

Os efeitos da baixa precipitação durante o período de espigamento e a interferência negativa no enchimento de grãos também foi observada por Ronsani et al. (2018) na Região Central do Planalto Catarinense, quando estudou as cultivares BRS Umbu e BRS Tarumã, a precipitação registrada pelos autores no período não passou dos 55 mm.

A produtividade da cultura do trigo é dependente da boa condição hídrica durante a formação dos órgãos reprodutivos e na floração, caso contrário, pode ocorrer redução do número de grãos por espiga e o rendimento da cultura (ECCO et al., 2020). Outros autores também observaram efeito do atraso da semeadura e das condições climáticas desfavoráveis durante o ciclo sobre a produtividade de grãos (PERES et al., 2021; ZILIO; PELOSO; MANTOVAN, 2017).

O estresse térmico e a incidência de doenças como ferrugem da folha, comprometem os processos metabólicos da planta, reduzindo a fotossíntese, o que acarretou diminuição na produtividade de grãos (FOLCHINI et al., 2022).

Nas condições do presente estudo, a cultivar estudada sofreu efeito do sistema de cortes, reduzindo a PG por área e afetando a rentabilidade, uma vez que proporcionou as maiores médias de rendimento com apenas um corte em todos os tratamentos (Tabela 6), corroborando com Carletto et al. (2015) que observaram redução de aproximadamente 3.536 kg ha<sup>-1</sup> com a realização de dois cortes.

A redução da produtividade no sistema de dois cortes pode estar relacionada com a capacidade de rebrote das plantas, uma vez que a desfolhação contínua de média a alta intensidade induz ao não armazenamento de reservas, o que retarda o crescimento das plantas, além disso, a remoção do meristema apical pelos cortes influência o aparecimento de perfilhos secundários, os quais produzem espigas menores e com menor quantidade de grãos (BORTOLINI; MORAES; CARVALHO, 2005).

Nesse sentido, a produtividade de grãos nos tratamentos com aplicação de fertilizante químico + inoculação com bactérias (T4 e T5) estaria relacionada à capacidade de rebrote das plantas nesses tratamentos, assemelhando-se aos resultados encontrados por Pereira et al. (2017), onde observaram que a utilização da metade da dose de N associada à inoculação com *Azospirillum* spp., independente da forma de aplicação, proporcionaram acréscimos na produtividade de grãos de trigo. Além disso, segundo Rodrigues e Fioreze (2015) as bactérias do gênero *Azospirillum* spp. são capazes de ler os sinais emitidos pelas plantas sob condições de estresse, desenvolvendo respostas de forma conjunta com a planta, resultando no aumento da tolerância.

Os tratamentos com a presença de remineralizador (T2 e T3), além de produzirem forragem em maior quantidade, também proporcionaram as melhores médias de rendimento de grãos, demonstrando a eficiência deste insumo na produtividade do trigo duplo proposito em comparação aos outros tratamentos sem o uso do remineralizador (Tabela 6), corroborando com o estudo de Amaral et al. (2021), quando avaliaram o efeito de diferentes fertilizantes na produtividade de grãos de soja e obtiveram os melhores índices produtivos no tratamento com aplicação de pó de rocha na dose de 5 t ha-1. Resultados contrários foram obtidos por Aguilera et al. (2022), quando não observaram efeito residual do pó de basalto sob o desempenho

do milho devido ao menor tempo de aplicação do insumo. Cabe destacar que apesar da redução na produtividade de grãos os resultados foram satisfatórios, uma vez que se almejou tanto a produção de forragem como de grãos.

Neste estudo não houve efeito dos tratamentos na composição bromatológica dos grãos. Esses valores encontrados corroboram com outras pesquisas (CARLETTO et al., 2015; DE MORI et al., 2015; FONTANELI et al., 2011b; PAIANO et al., 2014), no entanto o teor de amido foi maior no presente estudo. Os teores de PB, cuja média foi de 15,72 (Tabela 5), foram superiores aos encontrados por Wrobel et al. (2016), em estudo realizado na Região de Guarapuava/PR com a cultivar BRS Umbu, onde os teores de PB variaram em função das doses de adubação nitrogenada. No presente estudo, os grãos também apresentaram alto teor de energia com média de 83,03 (NDT), corroborando com outros estudos (CARLETTO et al., 2015; WROBEL et al., 2016).

As baixas produtividades acarretaram prejuízos econômicos nos tratamentos a base de adubação química T1, T6 e T7 no sistema de um corte e nos tratamentos T1, T5 e T6 com a realização de dois cortes (Figuras 16A e 16B). De Mori et al., (2015) avaliaram economicamente sistemas mistos de produção de grãos, incluindo trigo, pastagens anuais de estação fria para alimentação de bovinos e cultivos para cobertura de solo durante o período de 2003 a 2012. Os autores registraram margens operacionais negativas de 2003 a 2007 devido às perdas de produção e baixo rendimento das culturas neste período. O sistema VI (trigo/soja, aveia branca de duplo propósito /soja e trigo duplo propósito/soja) apresentou o menor custo operacional no período, uma vez que a estabilidade de produtividade e o aumento dos preços dos grãos conduziram a margens positivas. Esse estudo foi conduzido durante o período de dez anos e exemplifica os diferentes fatores que podem influenciar na rentabilidade dos sistemas agrícolas, sendo eles: riscos climáticos, flutuação de preços e espécies vegetais (DE MORI et al., 2015).

No estudo realizado com trigo por Silva, Hernani et al. (2012), mesmo com a produtividade elevada não foi suficiente para cobrir o custo variável da produção e apresentou margem bruta e receita líquida negativa de R\$ 145,59 e R\$ 851,07 ha<sup>-1</sup>, respectivamente, corroborando com os resultados do presente estudo. Ozelame e Andreatta, (2013) constataram que a rentabilidade negativa da cultura do trigo não é um aspecto isolado para determinadas regiões ou tamanho de área cultivada.

Lourenço et al. (2011) destacam que o maior custo de adubação ocorreu no tratamento com fonte mineral na Região de Leme/SP, enquanto o menor custo foi obtido com a fonte organomineral, que também proporcionou a maior produtividade em grãos de milho e a maior receita bruta, assim como ocorrido deste estudo em relação a utilização de remineralizador.

## 6 CONCLUSÃO

- A abundância da fauna edáfica demonstrou variação entre as épocas de coleta devido a fatores edafoclimáticos, variação sazonal, cobertura vegetal e manejo do solo.
- 2) Os grupos mais frequentes foram Collêmbola, Formicidae e Acarina em ambas as épocas de coleta.
- 3) A utilização de remineralizador proporcionou maior índice de diversidade de grupos na segunda época de coleta, bem como o estabelecimento das populações de Collembola na primeira época em comparação aos tratamentos sem remineralizador.
- 4) A produção de matéria seca e a produção de leite nos tratamentos com uso de remineralizador igualaram-se a adubação química em ambos os sistemas de corte.
- 5) A forragem cortada duas vezes diminuiu o rendimento de grãos, contudo o uso de remineralizador nos tratamentos T2 (adubação somente com remineralizador) e T3 (75 % da dose de N-P-K + remineralizador) igualaramse a adubação química.
- 6) Do ponto de vista econômico, a utilização do remineralizador apresentou os menores custos de produção e a maior sobra em R\$ ha<sup>-1</sup>, demonstrando que a redução de fertilizantes químicos e a utilização de remineralizador associado a inoculação é viável no sistema adotado, no entanto, o efeito é dependente do tempo de aplicação no solo e da atividade dos organismos edáficos.

#### **REFERÊNCIAS**

ABITRIGO – Associação Brasileira da Indústria do Trigo. **História do Trigo**. 2023. Disponível em: https://www.abitrigo.com.br/conhecimento/historia-do-trigo/. Acesso em: 4 abr. 2023.

ABREU, Rossiana Ribeiro Lino de. *et al.* Fauna edáfica sob diferentes níveis de palhada em cultivo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 409–416, 2014. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/pat/a/fcpnXRLh8sxPxZqBtkqkSwR/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 6 abr. 2022.

AGUILERA, Jorge González. *et al.* Efeito residual de doses de pó de basalto no milho segunda safra. **Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 26, n. 2, p. 281–288, 23 jun. 2022. DOI: 10.17921/1415-6938.2022v26n2p281-288. Disponível em:

https://ensaioseciencia.pgsscogna.com.br/ensaioeciencia/article/view/9530. Acesso em: 9 jul. 2022.

AGUINAGA, Angelo Antônio Queirolo. *et al.* Componentes morfológicos e produção de forragem de pastagem de aveia e azevém manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 9, p. 1523–1530, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbz/a/tzY3KHvhSD9yv7z7XL3TLhD/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 9 jul. 2022.

ALMEIDA, Jaime Antonio *et al.* Potential of olivine melilitite as a soil remineralizer according to particle size and rates. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 57, 2022. Disponível em: chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.scielo.br/j/pab/a/mhtPLLx WvCkzyqG5RysQYLG/?format=pdf&lang=en. Acesso em: 12 fev. 2023

ALMEIDA, Hazael Soranzo. *et al.* Ocorrência e diversidade da fauna edáfica sob diferentes sistemas de uso do solo. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v. 1, n. 1, p. 15–23, 2017. Disponível em: http://revistas.fw.uri.br/index.php/rbdta/article/view/2162. Acesso em: 9 jul. 2022.

ALOVISI, Alexandre Alves. *et al.* Silicatagem no solo e na produtividade da cultura do milho. **Revista Gestão Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 933–950, 2020. Disponível em:

https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao\_ambiental/article /view/9219/5120. Acesso em: 10 jul. 2022.

ALOVISI, Alessandra Mayumi Tokura *et al.* Rochagem como alternativa sustentável para a fertilização de solos. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 918–932, 2020. Disponível em:

https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao\_ambiental/article /view/9218/5118. Acesso em: 10 jul. 2022.

ALOVISI, Alessandra Mayumi Tokura *et al.* Uso do pó de rocha basáltica como fertilizante alternativo na cultura da soja. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, 2021.

ALVARES, Clayton Alcarde. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Disponível em: http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares\_etal\_2014.pdf. Acesso em: 3 mai. 2022.

ALVES, Mauricio Vicente *et al.* Influência de fertilizantes químicos e dejeto líquido de suínos na fauna do solo. **Agrarian**, v. 11, n. 41, p. 219–229, 7 nov. 2018. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/7005/4684. Acesso em: 3 mai. 2022.

ALVES, Maurício Vicente et al. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no Oeste do Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 589–598, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/gTkdQpSjDpLtjqXpLLXzsmB/abstract/?lang=pt. Acesso em: 3 mai. 2022.

ALVES, Maurício V.; BARETTA, Dilmar; CARDOSO, Elke. J. B. N. Fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo no estado de São Paulo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, n. 1, p. 33–43, 2006. Disponível em: https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5376/3581. Acesso em: 23 ago. 2022.

AMARAL, Gabriel Campos do *et al.* Características agronômicas da soja em função da adubação com pó de rocha e biofertilizante. **Revista Cultura Agronômica**, v. 29, n. 4, p. 437–447, 2 fev. 2021. Disponível em: https://ojs.unesp.br/index.php/rculturaagronomica/article/view/2446-8355.2020v29n4p437-447/pdf. Acesso em: 23 ago. 2022.

ANJANA, Umar, S.; IQBAL, M. Effect of applied potassium in increasing the potential for nitrogen assimilation in Spinach (Spinacia oleracea L.). **International Potash Institute e-ifc**, n. 20, 2009. Disponível em: https://www.ipipotash.org/publications/eifc-3#:~:text=All%20the%20parameters%20of%20nitrogen,concentration%20at%20K80%20(Fig. Acesso em: 12 jan. 2023.

ANTONIOLLI, Zaida Inês *et al.* Metais pesados, agrotóxicos e combustíveis: efeito na população de colêmbolos no solo. **Ciência Rural**, v. 43, n. 6, p. 992–998, 2013. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/cr/a/SVDhMTVvwXcbTSFkFPwcGFj/?format=pdf&lang=pt Acesso em: 23 ago. 2022.

ARAÚJO, Cleyton de Almeida *et al.* Pastagens cultivadas como modificadoras dos padrões ecológicos dos organismos edáficos. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, 2020. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/343596572\_Pastagens\_cultivadas\_como\_modificadoras\_dos\_padroes\_ecologicos\_dos\_organismos\_edaficos. Acesso em: 23 ago. 2022.

ARAÚJO, Ademir S. F. DE; MONTEIRO, Regina. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 3, p. 66–75, 2007. Disponível em:

https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6684/4403. Acesso em: 23 ago. 2022.

ARAÚJO, Edson Alves de *et al.* Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 187–206, 30 abr. 2012. Disponível em: https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/1658. Acesso em: 24 ago. 2022.

ARAUJO, Emmanoela Costa Guaraná. *et al.* Macrofauna como bioindicadora de qualidade do solo para agricultura convencional e agrofloresta. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 2, p. 108–116, 2018. Disponível em: http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/975 . Acesso em: 24 ago. 2022.

ARAUJO, Vitor Lunelli *et al.* Manejo do solo com plantas adubadeiras e rochagem e os efeitos no crescimento do milho. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 7, p. 25–37, 15 jul. 2021. Disponível em: https://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/5964/3019. Acesso em: 23 ago. 2022.

AQUINO, Jaqueline. M. *et al.* The potential of alkaline rocks from the Fortaleza volcanic province (Brazil) as natural fertilizers. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 103, 1 nov. 2020. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0895981120303436. Acesso em: 12 fev. 2023

BALIN, Nilson Marcos *et al.* Fauna edáfica sob diferentes sistemas de manejo do solo para produção de cucurbitáceas. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 3, p. 74–84, 2017. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/52133/33595. Acesso em: 23 ago. 2022.

BALOTA, E. L. Manejo e qualidade biológica do solo. Londrina: Midiograf, 2018.

BARBOSA, Elisa S. R. *et al.* Variações composicionais de olivinas do complexo alcalino-carbonatítico de Salitre, MG. **Revista Brasileira de Geociencias**, v. 42, n. 4, p. 729–743, dez. 2012. Disponível em:

https://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/7966/7390. Acesso em: 5 jun. 2022.

BARETTA, Dilmar *et al.* Fauna edáfica avaliada por armadilhas e catação manual afetada pelo manejo do solo na região Oeste Catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 2, n. 2, p. 97–106, 2003. Disponível em:

https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5616/3798. Acesso em: 5 mar. 2023.

BARETTA, Dilmar *et al.* Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 5, n. 2, p. 108–117, 2006. Disponível em:

https://www.periodicos.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5383/3588. Acesso em: 5 mar. 2023.

BARETTA, Dilmar *et al.* **Fauna edáfica e qualidade do solo**. 2011. Disponível em: <a href="https://www.researchgate.net/publication/267333227">https://www.researchgate.net/publication/267333227</a>.

BARRETA, Daniel Augusto *et al.* Produção, valor nutritivo e produtividade estimada de leite de pastagens consorciadas de estação fria. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia,** v. 72, n. 2, p. 599–606, 1 mar. 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/abmvz/a/nv77LcTPmV96NmQ88nxJrXP/abstract/?lang=pt. Acesso em: 5 jun. 2022.

BARRETA, Daniel Augusto. **Viabilidade técnica e econômica de pastagens de inverno e cultivo de milho adubado com doses crescentes de nitrogênio**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Educação Superior do Oeste - CEO, Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó, 2019.

BARROS, Maiccon.; RIBEIRO, Roberto. C. C. Fertilização e correção de solos utilizando resíduos de rochas ornamentais: estado da arte. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2021, Série Tecnologia Ambiental, 116. 98p.

BARTMEYER, T. N. *et al.* Trigo de duplo propósito submetido ao pastejo de bovinos nos Campos Gerais do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1247–1253, 2011. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/pab/a/fd9gX8zQBQfdBXthkckSGxC/. Acesso em: 5 jun. 2022.

BARTZ, Marie. L. C. et al. Earthworm richness in land-use systems in Santa Catarina, Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 83, p. 59–70, 1 nov. 2014.

BATISTA, Vanderson Vieira *et al.* Componentes de rendimento e produtividade de cultivares de trigo submetidas ao parcelamento ou não de nitrogênio. **Ciência Agrícola**, v. 18, n. 3, p. 1–7, 2020. Disponível em:

https://www.seer.ufal.br/index.php/revistacienciaagricola/article/view/9024. Acesso em: 5 jun. 2022

BAUMGRATZ, Edilson Inácio. *et al.* Produção de trigo: A decisão por análise econômico-financeira. **Revista de Política Agrícola**, n. 3, 2017. Disponível em: https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1293/1063. Acesso em: 5 mar. 2023.

BELINATO, Layana Dorado Correia. *et al.* Multivariate tools for evaluating the use of organic fertilizers on soil microbial properties and maize yield. **Journal of Agricultural Studies**, v. 8, n. 3, p. 257, 6 mar. 2020. Disponível em: https://www.macrothink.org/journal/index.php/jas/article/view/16073/13187. Acesso em: 5 mar. 2023.

BELLINGER, P.F. Checklist of the Collembola of the World. (2015). Disponível em: http://www.collembola. org/. Acesso em: 07 mai 2023.

BERUDE, Marciana Christo *et al.* A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 14, 2015. Disponível em: https://www.conhecer.org.br/enciclop/2015E/A%20MESOFAUNA.pdf. Acesso em: 5 mar. 2023.

BEZERRA, J. M. et al. Fauna invertebrada do solo em fragmento florestal urbano em Maceió, Alagoas. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 44, p. 194–214, 2022.

BORTOLINI, Patrícia C.; MORAES, Anibal de; CARVALHO, Paulo C. de F. Produção de forragem e de grãos de aveia branca sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2192–2199, 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbz/a/cRgs5wB5XLhRJkjNZLhJtbk/. Acesso em: 5 mar. 2023.

BRANDÃO, Juliana. A. V.; LOPES-ASSAD, Maria. L. R. C.; CECCATO-ANTONINI, Sandra. R. Solubilization of diabase and phonolite dust by filamentous fungus. **Revista Ceres**, v. 61, n. 5, p. 740–745, 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rceres/a/9jR87RNf7frpxQpBFmnBsxk/?lang=en. Acesso em: 5 mar. 2023.

BRASIL. Lei nº 12.890, de 10 de Dezembro de 2013. Inclui os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado a agricultura. **Diário Oficial da União**: Secção 1, Brasília, DF, ano CL n. 240, 1p., República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília-DF, 11 de dezembro de 2013. Disponível em: 55 http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_Ato2011-2014/2013/Lei/L12890.htm. Acesso em: 06 fev 2023.

BRAVO, Freddy *et al.* **Artrópodes do semiárido: Biodiversidade e conservação**. 2017. Disponível em: http://www.metiseditorial.com.br/ArtropodesdoSemiaridoII.pdf. Acesso em: 5 mar. 2023.

BRITO, Mariana Fabiana de *et al.* Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. Pesquisa **Agropecuaria Brasileira**, v. 51, n. 3, p. 253–260, 1 mar. 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/nJ5nNPLz4NRZmpcXZhM6mFD/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 5 mar. 2023.

BRITO, R. S. de *et al.* Rochagem na agricultuta: importância e vantagens para adubação suplementar. **South American Journal**, v. 6, n. 1, p. 528–540, 2019.

BRUM, Argemiro L.; HECK, Cláudia R.; LEMES, Cristiano da L. As políticas brasileiras de fomento à cultura do trigo: Uma revisão histórica. **Desenvolvimento em questão**, v. 2, n. 3, p. 95–117, 2004. Disponível em: https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/91. Acesso em: 5 mar. 2023.

BULEGON, Lucas Guilherme *et al.* Análise econômica na cultura do milho utilizando adubação orgânica em substituição à mineral. **Ensaios e Ciência Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 16, n. 2, p. 81–91, 2012. Disponível em: https://ensaioseciencia.pgsskroton.com.br/article/view/2808. Acesso em: 5 mar. 2023.

BUSS, Aline E.; DUARTE, Vilmar N. Estudo da viabilidade econômica da produção leiteira numa fazenda no Mato Grosso do Sul. **Custos e Agronegócio**, v. 6, n. 2, 2010. Disponível em:

http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero2v6/producao%20leiteira.pdf. Acesso em: 5 mar. 2023

CABRAL, I. L. L. et al. Aspectos físico-químicos de latossolos vermelho, amarelo e glei em área com e sem a cultura da soja. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA/REGIONAL CONFERENCE ON GEOMORPHOLOGY. 2006, Goiânia. Anais. Disponível em:

https://ensaioseciencia.pgsskroton.com.br/article/view/2808. Acesso em: 7 mar. 2023

CALIGARIS, Bruno Santos Abreu et al. A importância do plano nacional de fertilizantes para o futuro do agronegócio e do brasil. **Política agrícola**, n. 1, 2022. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1142514/1/A-importancia-do-PNF.pdf. Acesso em: 5 mar. 2023

CAMPÃO, Ciro A. D. L.; SANTOS, Carlos. C.; PORTELA, Adaias. Z. Inovação aberta para a cadeia agroindustrial da pecuária de corte. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 90666–90690, 17 set. 2021. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/36093. Acesso em: 3 mar. 2023

CANTARELLI, Edison Bisogni *et al.* Diversity of ants (Hymenoptera: Formicidae) of litter in different systems of soil use. **Ciencia Florestal**, v. 25, n. 3, p. 607–616, 1 jul. 2015. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/cflo/a/8RjB3MfWJxL9w8x4X6SsFTf/abstract/?lang=en&format =html. Acesso em: 3 mar. 2023

CARLETTO, Rodolfo *et al.* Efeito do manejo de cortes sucessivos sobre a produção e qualidade de grãos de trigo duplo propósito. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 13, 15 fev. 2015. Disponível em:

https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/15019. Acesso em: 5 mar. 2023

CARVALHO, Ivan Ricardo *et al.* Biometry and genetic breeding of dual-purpose wheat biometry and genetic breeding. **International Journal of Current Research**, v. 8, n. 7, p. 34539–34545, 2016. Disponível em:

https://www.journalcra.com/article/biometry-and-genetic-breeding-dual-purpose-wheat. Acesso em: 5 mar. 2023

CASSIMIRO, Antonielle Aparecida *et al.* Bactérias promotoras de crescimento vegetal e uso de pó de rocha na produção inicial de hortaliças não convencionais. **Research, Society and Development,** v. 11, n. 4, 13 mar. 2022.

CASTALDELLI, Ana. P. A. *et al.* Meso e macrofauna de solocultivado com milho e irrigado com água residuáriada suinocultura. Engenharia Agricola, v. 35, n. 5, p. 905–917, 2015. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/eagri/a/hvhs6vsLNB9qysF8CW7dHTS/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 5 mar. 2023

CASTRO, Vanessa R.; SANTOS, Leandro J. da C.; GOMES, Érico R. **Uso de pó de rochas silicáticas como fonte de nutrientes para solos da agricultura: revisão**. v. 2p. 107–118. Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Atena, 2020. Disponível em:

https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/ebook/impactos-das-tecnologias-na-engenharia-de-materiais-e-metalurgica-2. Acesso em: 8 mar. 2023

CASTRO, R. L. de. *et al.* **BRS Pastoreio Trigo duplo propósito**. [Folheto]. Passo Fundo: Embrapa Trigo, (2016). Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-depublicacoes/-/publicacao/1039610/brs-pastoreio-trigo-duplo-proposito. Acesso em: 03 mar. 2023.

CENTURIÃO, Nayade Cristaldo. *et al.* Efeitos de biochars (carvões) provenientes de diferentes materiais na fertilidade de dois solos do Cerrado. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 19, n. 2, 2021. Disponível em:

https://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/5135/4464. Acesso em: 10 mar. 2023

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Com forte dependência do mercado externo, setor nacional de fertilizantes enfrenta desafios**. 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#:~:text=Dentre%20os%20principais%20fertilizantes%20intermedi%C3%A1rios,nitrato%20de%20am%C3%B4nio%2C%206%25. Acesso em: 23 mai. 2023.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Índice Exportação do Agronegócio**. 2022. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea\_Export\_jan-dez\_2022\_02(2).pdf. Acesso em: 23 mai. 2023.

CHAGAS JUNIOR, Aloisio Freitas *et al.* Bacillus subtilis como inoculante promotor de crescimento vegetal em soja. **Diversitas Journal**, v. 7, p. 0001–0016, 2022. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas\_journal/article/view/207. Acesso em: 9 mar. 2023

COELHO, Juliana Vogado *et al.* Diversidade da fauna edáfica de um latossolo vermelho-amarelo sob diferentes usos no cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 10, p. 655–663, 2018. Disponível em: http://revista.ecogestaobrasil.net/v5n10/v05n10a18a.html. Acesso em: 6 mar. 2023.

COLLISON, E. J.; RIUTTA, T.; SLADE, M. Macrofauna assemblage composition and soil moisture interact to affect soil ecosystem functions. **Acta Oecologica**, 47, p.3036. 2013.

CONSELEITE/RS - Conselho Paritário Produtores/Indústrias de Leite do Estado do Rio Grande do Sul. **Preço de Referência** – SC. Disponível em: http://conseleite.com.br/preco-referencia/index/estado/sc. Acesso em: 19 abr. 2023.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Preços Agrícolas da sociobio e da pesca**. 2023. Disponível em: https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/. Acesso em: 14 abr. 2023.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. 2023. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos. Acesso em: 14 abr. 2023.

COLA, Geovana. P. A.; SIMÃO, João B. P. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 7, p. 1–8, 2012. Disponível em: https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1132. Acesso em: 5 mar. 2023.

CQFS – Comissão de Química e Fertilidade de Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. 2016.

CREPALDI, Rafael Aparecido *et al.* Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 781–787, 2014. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/cr/a/xjWTSrMp7SJR6HXjmwzvYvs/?lang=pt. Acesso em: 5 mar. 2023

CUEVAS, Felix D. Murilo et al. Fauna y microflora edáfica asociada a diferentes usos de suelo. **Ecosistemas y Recursos Agropecuarios**, v. 6, n. 16, p. 23–33, 1 jan. 2019. Disponível em:

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S2007-90282019000100023. Acesso em: 5 mar. 2023

2023

CUNHA, Gabriel. O. DE M.; ALMEIDA, Jaime A. DE. Agronomic potential of four rock powders, pure or mixed, as soil remineralizers. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 17, 20 dez. 2021. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/24828. Acesso em: 5 mar. 2023

CUNHA, Gabriel O. DE M.; ALMEIDA, Jaime. A. de; COELHO, Cileide. M. M. Chemical composition of soybean seeds subjected to fertilization with rock dusts. **Acta Scientiarum**, v. 44, 2022. Disponível em: https://www.scielo.br/j/asagr/a/s3cqqywtKYzsc6qm3RvVYSM/. Acesso em: 12 fev.

DALMORA, Adilson Celimar *et al.* Application of andesite rock as a clean source of fertilizer for eucalyptus crop: Evidence of sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 256, 20 maio 2020. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620304790. Acesso em: 12 fev. 2023

DE BONA, Fabiano. D.; MORI, Cláudia de; WIETHOLTER, Sirio. Manejo nutricional da cultura do trigo. Informações Agronômicas - **International Plan Nutrition Institute**, n. 54, 2016. Disponível em: http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/47520FE3CAA3AEF183257FE70048CC16/\$FILE/Page1-16-154.pdf. Acesso em: 12 fev. 2023.

DE GÓES, Querina Ramos *et al.* Análise da fauna edáfica em diferentes usos do solo no Bioma Pampa. **Ciencia Florestal**, v. 31, n. 1, p. 123–144, 1 jan. 2021a. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cflo/a/KPBCsHTgPwqBpbH3VYJS5rL/. Acesso em: 12 fev. 2023.

DE MORI, Claudia. *et al.* Análise econômica de sistemas de produção mistos: grãos, cultura de cobertura e pecuária 2003-2012. 2015. *In*: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 8.; SEMINÁRIO TÉCNICO DO TRIGO, 9., 2014, Canela; REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 9.; SEMINÁRIO TÉCNICO DO TRIGO, 10., 2015, Passo Fundo. **Anais.** Passo Fundo: Biotrigo Genética: Embrapa Trigo, 2015. Disponível em:

https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1020823&biblioteca=vazio&busca=1020823&qFacets=1020823&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1. Acesso em: 12 fev. 2023.

DELFINO, João Lucas Cânovas *et al.* Influência do sistema de produção na produtividade de leite no interior do estado de São Paulo, BRASIL. **Veterinária e Zootecnia**, v. 27, p. 01–11, 2020. Disponível em:

https://rvz.emnuvens.com.br/rvz/article/view/506. Acesso em: 24 jun. 2022.

DORAN, John. W.; PARKIN, Timothy. B. Defining and Assessing Soil Quality. 1994. Disponível em:

https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaspecpub35.c1. Acesso em: 24 jun. 2022.

DORAN, John. W.; PARKIN, Timothy. B. Quantitative Indicators of Soil Quality: A Minimum Data Set. 1996. Disponível em:

https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaspecpub49.c2 . Acesso em: 24 jun. 2022.

DUARTE, Jessica Rodrigues de Melo *et al.* Produtividade e qualidade de sementes de feijão em resposta a fertilizante mineral, biofertilizante e pó de rocha. **Revista Cultura Agronômica**, v. 30, n. 1, p. 78–92, 13 maio 2021. Disponível em: https://ojs.unesp.br/index.php/rculturaagronomica/article/view/2446-8355.2021v30n1p78-92. Acesso em: 24 jun. 2022.

ECCO, Martios *et al.* Adubação nitrogenada em cobertura em diferentes estádios fenológicos da cultura do trigo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, 2020. Disponível em: https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/6284. Acesso em: 24 jun. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. VISÃO 2030: O Futuro da Agricultura Brasileira. Brasília. Embrapa, 2018. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/visao/o-futuro-da-agricultura-brasileira. Acesso em: 12 set. 2022.

EPAGRI/CEPA - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola. **Custos de produção**. 2022. Disponível em: https://cepa.epagri.sc.gov.br/index.php/produtos/custos-de-producao/. Acesso em: 19 abr. 2023.

FABBRIS, Cristiano. **Dejeto líquido de suínos e manejos de solo na sucessão aveia/milho/trigo duplo propósito/soja**. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Centro de Educação Superior Norte, Universidade Federal de Santa

Maria, Frederico Westphalen, 2013. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/handle/1/4920 Acesso em: 12 abr. 2023.

FERREIRA, Élen R. N. C.; ALMEIDA, Jaime. A.; MAFRA, Álvaro. L. Pó de basalto, desenvolvimento e nutrição do feijão comum (Phaseolus vulgaris) e propriedades químicas de um Cambissolo Húmico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 8, n. 2, p. 111–121, 2009. Disponível em:

https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5318/3524. Acesso em: 12 set. 2022.

FERREIRA, Eric Vitor de Oliveira *et al.* Ação dos térmitas no solo. **Ciência Rural**, v. 41, n. 5, p. 804–811, 2011. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/cr/a/vKZ8HQqjWLyxbgZ7HL7j4nd/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 12 set. 2022.

FERREIRA, Itaynara Camelo *et al.* A contribuição e relevância do agronegócio para o brasil. **Revista CEDS**, v. 2, n. 10, 2022. Disponível em:

https://periodicos.undb.edu.br/index.php/ceds/article/view/16. Acesso em: 12 set. 2022.

FOLCHINI, J. A. *et al.* Papel dos cereais de inverno de duplo-propósito na produção e composição química do leite no vazio forrageiro outonal. **Revista Plantio Direto**, 2021. Disponível em: https://www.plantiodireto.com.br/artigos/6. Acesso em: 12 set. 2022.

FOLCHINI, J. A. *et al.* Doses de nitrogênio na produção de pré-secado e grãos de trigo duplo propósito para nutrição animal. **Research, Society and Developmen**, v. 11, n. 14, 2022. Disponível em:

https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1147877. Acesso em: 12 set. 2022.

FONSECA, Dilermando. M. da; MARTUSCELLO, Janaina. A. **Plantas Forrageiras**. 2. ed. Editora UFV, 2022.

FONTANELI, Renato Serena *et al.* **Trigo de duplo propósito**. Trigo no Brasil. Embrapa, 2011a. p. 239.

FONTANELI, Renato Serena *et al.* BRS Pastoreio: cultivar de trigo de múltiplos propósitos para o sul do Brasil. **Revista Plantio Direto**, v. 29, n. 168, p. 33-36. 2019. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1109640/brs-pastoreio-cultivar-de-trigo-de-multiplos-propositos-para-o-sul-do-brasil. Acesso em: 12 set. 2022.

FONTANELI, Renato Serena *et al.* Rendimento e valor nutritivo de grãos de trigo de duplo propósito. **Comunicado Técnico**, n. 306, 2011b. Disponível em: http://trigo.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p\_co306.htm. Acesso em: 12 set. 2022.

FUKAMI, Josiane. *et al.* Accessing inoculation methods of maize and wheat with Azospirillum brasilense. **AMB Express**, v. 6, n. 1, p. 1–13, 1 dez. 2016. Disponível em: https://amb-express.springeropen.com/articles/10.1186/s13568-015-0171-y. Acesso em: 12 set. 2022.

GALINA, Jardel. Remineralizador associado a organismos benéficos e seu efeito sobre os atributos químicos e microbiológicos do solo. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) — Universidade Comunitária Regional de Chapecó — Unochapecó, Chapecó, 2023.

GARZÃO, Marlussi. O.; MARTINS, Sinara. P.; COSTA, Nilson L. Integração comercial entre brasil e argentina na cadeia produtiva tritícola. **Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural -SOBER**, 2020.

GASPARIN, Eduardo *et al.* Crescimento do trigo com diferentes tipos de adubação. **Revista Engenharia na Agricultura** - REVENG, v. 25, n. 5, p. 469, 24 nov. 2017. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/324962810\_crescimento\_do\_trigo\_com\_diferentes\_tipos\_de\_adubacao. Acesso em: 23 set. 2022.

GEREMIA, Eliana Vera *et al.* Fauna edáfica em pastagem perene sob diferentes fontes de nutrientes. **Revista Scientia Agraria**, v. 16, n. 4, p. 17–30, 2015. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/47802. Acesso em: 23 set. 2022.

GONÇALVEZ, Thamyres Sabrina; SANTANA, Cinthya Souza. Os organismos do solo e a manutenção da matéria orgânica. **Revista GeoAmazônia**, v.7, n. 14, p. 139-159, 2019.

GRZEŚ, I. M. Ants and heavy metal pollution - A review. **European Journal of Soil Biology**, v. 46, n. 6, p. 350–355, nov. 2010.

GUIMARÃES, Natalia de França *et al.* Fauna do solo associada a diferentes sistemas de cultivo. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e54610212787, 28 fev. 2021. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/349694667\_Fauna\_do\_solo\_associada\_a\_diferentes\_sistemas\_de\_cultivo. Acesso em: 23 set. 2022.

GUIMARÃES, Vandeir Francisco. *et al.* Eficiência de inoculante contendo Bacillus megaterium (B119) e Bacillus subitilis (B2084) para a cultura do milho, associado à fertilização fosfatada. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, 25 set. 2021.

HAN, Guangxuan *et al.* Biotic and abiotic factors controlling the spatial and temporal variation of soil respiration in an agricultural ecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 39, n. 2, p. 418–425, fev. 2007. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038071706003671. Acesso em: 3 jan. 2023

HASTENPFLUG, M. *et al.* Cultivares de trigo duplo propósito submetidos ao manejo nitrogenado e a regimes de corte. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v, v. 63, n. 1, p. 196–202, 2011. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/abmvz/a/hdJYxMjwCsqCHfkyjQbyf6m/abstract/?lang=pt. Acesso em: 3 jan. 2023

HENZ, Ederson Luis *et al.* Nitrogen fertilization for wheat growing in dual purpose integrated system of agricultural production. **Semina:Ciencias Agrarias**, v. 37, n. 3,

p. 1679–1688, 1 maio 2016. Disponível em: chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/4457/4457 46397046.pdf. Acesso em: 3 jan. 2023

HOFFMANN, Ricardo Bezerra *et al.* Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em areia, Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 117–121, 2009. Disponível em:

https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/660331/1/diversidade-damesofauna-edafica.pdf. Acesso em: 3 jan. 2023

KÖLLN, Oriel Tiago *et al.* Avaliação da sucessão ervilhaca, milho e aveia preta+azevém com pó de basalto e biofertilizantes. **Synergismus scyentifica. UTFPR**, 2009. Disponível em:

http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/526. Acesso em: 3 jan. 2023

KRAFT, Elston *et al.* Edaphic fauna affects soybean productivity under no-till system. **Scientia Agricola**, v. 78, n. 2, 2020. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/sa/a/w9LpPZk5VKPbSyRpH4JdKqg/?lang=en. Acesso em: 3 jan. 2023

KRUGER, Silvana Dalmutt *et al.* Análise comparativa do retorno econômico-financeiro das atividades leiteira e avícola. **Custos e Agronegócio**, v. 15, n. 3, 2019. Disponível em:

http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero3v15/OK%202%20retorno.pdf. Acesso em: 3 jan. 2023

LAJÚS, Cristiano Reschke *et al.* Aspectos qualitativos e quantitativos de variedades de alface submetidas a concentrações de pó de rocha em cultivo orgânico. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 49498–49512, 2021. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/29933. Acesso em: 3 jan. 2023

LAVELLE, P. Diversity of Soil Fauna and Ecosystem Function. **Biobgy International**, v. 33, 1996. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/32971315\_Diversity\_of\_Soil\_Fauna\_and\_E cosystem\_Function. Acesso em: 3 jan. 2023

LEITE, F. L. C. et al. Levantamento de preços de insumos e produtos do agronegócio: comparativo da relação de troca -produtos x insumos. **Revista Projetos Extensionistas**, v. 1, n. 1, p. 280–284, 2021

LEMOS, J. M. et al. Resposta de cultivares de trigo à inoculação de sementes com Azospirillum brasilense, e à adubação nitrogenada em cobertura. **Científica**, v. 41, n. 2, p. 189–198, 2013. Disponível em:

https://cientifica.dracena.unesp.br/index.php/cientifica/article/view/429. Acesso em: 23 fev. 2023.

LIMA, Herdjania Vera de *et al.* Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido Cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1085–1098, 2007. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/rbcs/a/bBkZVpnWvjCXB4Zb3mCvnyQ/?lang=pt. Acesso em: 23 fev. 2023.

LIMA, Renato Willian Santos de *et al.* Macrofauna invertebrada no compartimento solo, em Maceió, Alagoas. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 4, 2019. Disponível em: https://www.seer.ufal.br/index.php/era/article/view/8891. Acesso em: 23 fev. 2023.

LIMA, Sandra Santana de *et al.* Diversidade da fauna epígea em diferentes sistemas de manejo no semiárido. **Agrarian**, v. 12, n. 45, p. 328–337, 12 out. 2019. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/8975. Acesso em: 23 fev. 2023.

LIMA, Milton Luis M. *et al.* Comparação da fibra em detergente neutro de forragens: Desempenho, digestibilidade e parâmetros ruminais. **Ciencia Animal Brasileira**, v. 13, n. 4, p. 450–459, 2012. Disponível em: https://revistas.ufg.br/vet/article/view/19468. Acesso em: 23 fev. 2023.

LIMA, Francisco *et al.* Índices de produtividade e análise econômica da produção de leite a pasto no interior do Ceará. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 6, n.3, 2012. Disponível em: https://periodicos.ufersa.edu.br/acta/article/view/2966/5141. Acesso em: 15 abr. 2023.

LOPES, Moniky J. dos Santos *et al.* Biotecnologia microbiana: inoculação, mecanismos de ação e benefícios às plantas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. e356101220585, 24 set. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/354856457\_Biotecnologia\_microbiana\_inoc ulacao\_mecanismos\_de\_acao\_e\_beneficios\_as\_plantas. Acesso em: 23 fev. 2023.

LOURENÇO, David Augusto *et al.* Viabilidade econômica do uso de fontes orgânicas de nitrogênio para o milho. **Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 15, n. 2, p. 9–23, 2011. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/260/26024358002.pdf. Acesso em: 23 fev. 2023.

LUCERO, Eduarda M.; VIEIRA, Renan C. B.; VIEIRA, Ângela D. H. N. Invertebrados edáficos em culturas de verão e inverno no noroeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 67–74, 2020. Disponível em: https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/9281. Acesso em: 5 fev.2023

LUCHESE, Augusto Vaghetti *et al.* Agronomic feasibility of using basalt powder as soil nutrient remineralizer. **African Journal of Agricultural Research**, v. 17, n. 3, p. 487–497, 31 mar. 2021. Disponível em:

https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/657684E66350. Acesso em: 5 fev.2023

LUDWIG, Rodrigo Luis *et al.* Efeito de diferentes sistemas de uso do solo na diversidade da fauna edáfica na região central do Rio Grande do Sul. **Enciclopédia Biosfera**. v. 8, p. 485, 2012. Disponível em:

https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3877. Acesso em: 5 fev.2023

LUPATINI, Gelci Carlos *et al.* Produção de bovinos de corte em pastagem de aveia preta e azevém submetida à adubação nitrogenada. **Ciencia Animal Brasileira**, v. 14, n. 2, p. 164–171, 2013. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/cab/a/kNCNYyJqgBxzx5MhMMfNMtn/abstract/?lang=pt. Acesso em: 5 fev.2023

LUZ, Gabriela Bueno *et al.* Exigências nutricionais, cálculos de dieta e mensuração de sobras no manejo nutricional de vacas leiteiras. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 25, p. 16–31, 2019. Disponível em:

http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/25. Acesso em: 5 fev.2023

MACHADO, Raphael W.B. *et al.* Inoculação foliar de plantas de milho com *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense*. **Enciclopédia Biosfera**. v. 17, n.34, 2020. Disponível em:

http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.conhecer.org.br/enciclop/2020D/inoculacao.pdf. Acesso em: 5 ago. 2023.

MALUCHE-BARETTA, Carolina R. D.; AMARANTE, Cassandro, V. T. do A.; KLAUBERG FILHO, Osmar. Análise multivariada de atributos do solo em sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 41, n. 10, p. 1531–1539, 2006. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/pab/a/qQ5gp8dWCmw9n3vctqvzLTh/abstract/?lang=pt. Acesso em: 5 fev.2023

MANFRON, A. C. A. et al. Sobressemeadura de forrageiras na entressafra de grãos no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, 30 mar. 2022. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/359681577\_Sobressemeadura\_de\_forrageiras\_na\_entressafra\_de\_graos\_no\_Brasil. Acesso em: 5 fev.2023

MANFRON, A. C. A.; FONTANELI, R. S. Grain yield and technological quality of dual-purpose wheats with additional late nitrogen fertilization. **Revista Brasileirade Ciencias Agrarias**, v. 14, n. 3, 1 set. 2019. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/336142710\_Grain\_yield\_and\_technological \_quality\_of\_dual-purpose\_wheats\_with\_additional\_late\_nitrogen\_fertilization. Acesso em: 5 fev.2023

MANNING, David A. C.; THEODORO, Suzi H. Enabling food security through use of local rocks and minerals. **Extractive Industries and Society**, v. 7, n. 2, p. 480–487, 1 abr. 2020. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214790X1830159X. Acesso em: 5 fev.2023.

MANHAES, Carmen, M.C; FRANCELINO, Francisco, M.A. Biota do solo e suas relações ecológicas com o sistema radicular. **Nucleus**, v.10, n.2, 2013.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 257–263, 1999. Disponível em: chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.scielo.br/j/rbcs/a/Q4qwFb4bCBFSn8sKbsLHJqD/?format=pdf. Acesso em: 5 fev.2023

MARTIN, Thomas Newton. *et al.* Fitomorfologia e produção de cultivares de trigo duplo propósito em diferentes manejos de corte e densidades de semeadura. **Ciência Rural**, v. 40, n. 8, p. 1695–1701, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cr/a/bP7FrMV7HVLtCyCNjCX3wsx/?lang=pt#ModalTutors. Acesso em: 24 fev. 2023.

MARTIN, Thomas Newton *et al.* Importância da relação entre caracteres em trigo duplo propósito no melhoramento da cultura. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, p. 1932–1940, 2013. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/cr/a/bP7FrMV7HVLtCyCNjCX3wsx/?lang=pt#ModalTutors. Acesso em: 24 fev. 2023.

MARTINS, Lizandra de Fátima *et al.* Composição da macrofauna do solo sob diferentes usos da terra (cana-de-açúcar, eucalipto e mata nativa) em Jacutinga (MG). **Revista Agrogeoambiental**, v. 9, n. 1, 12 abr. 2017. Disponível em: https://www.sumarios.org/artigo/composi%C3%A7%C3%A3o-da-macrofauna-do-solo-sob-diferentes-usos-da-terra-cana-de-a%C3%A7%C3%BAcar-eucalipto-e-mata. Acesso em: 24 fev. 2023.

MARTINS, Pamela Fernanda Carvalho *et al.* Recuperação de pastagem degradadas através da utilização de biossólido e Moringa oleifera: Revisão. **Pubvet**, v. 16, n. 2, p. 1–17, fev. 2022. Disponível em:

https://www.pubvet.com.br/uploads/93fe95322458460887f4d68e1e1d6234.pdf. Acesso em: 24 fev. 2023.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 425–433, 2003. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/rbcs/a/JcLp9YmwNS3k6KdwxvbpFmw/. Acesso em: 24 fev. 2023.

MATTUELLA, Diego *et al.* Eficiência agronômica da cultura do trigo submetida a doses de nitrogênio em diferentes estádios ontogênicos. **Ciência Agrícola**, v. 16, n. 3, p. 1–9, 2018. Disponível em:

https://www.seer.ufal.br/index.php/revistacienciaagricola/article/view/5176. Acesso em: 24 fev. 2023.

MAZZEO, F. C. *et al.* Olivine melilitites, mantle xenoliths, and xenocrysts of the Takarindiona district: Petrogenesis, magmatic evolution, and the sub-continental lithospheric mantle of east-central Madagascar. **Journal of African Earth Sciences**, v. 174, 1 fev. 2021. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1464343X20303101. Acesso em: 24 fev. 2023.

MAZZUCHELLI, Rita de Cássia L; SOSSAI, Bruno F.; ARAUJO, Fábio F. Inoculação de *Bacillus subtilis e Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Colloquium Agrariae**, v.10, n.2, 2014.

MEINERZ, Gilmar Roberto *et al.* Produtividade de cereais de inverno de duplo propósito na depressão central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 4, p. 873–882, 2012. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/rbz/a/pptFJwhj8v97wpWv5N9fgFr/?lang=pt . Acesso em: 24 fev. 2023.

MENDES, Aila *et al.* Avaliação da faúna edáfica e desenvolvimento do cacau inoculado com fungos micorrízicos. **Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer**, v. 17, n. 33, p. 120, 30 set. 2020. Disponível em: https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/659. Acesso em: 24 fev. 2023.

MENDES, leda de Carvalho *et al.* Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo. **Circular Técnica**, n. 38, 2018. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1110832. Acesso em: 24 fev. 2023.

MENEGOL, Diego Ricardo *et al.* Produtividade e qualidade da forragem e dos grãos produzidos por duas cultivares de trigo duplo propósito. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, p. 787, 2012. Disponível em:

https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3909. Acesso em: 24 fev. 2023.

MERTENS, D. R. Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 7, p. 1463–1481, 1997. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030297760752. Acesso em: 24 fev. 2023.

MILLÉO, Marcos V. R.; CRISTÓFOLI, Isadora. Avaliação da eficiência agronômica da inoculação de azospirillum sp. Na cultura do milho. **Revista Scientia Agraria**, v. 17, n. 3, p. 14–23, 2016. Disponível em:

https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6013265. Acesso em: 24 fev. 2023.

MINISSALE, Silvia *et al.* The petrology and geochemistry of Nyiragongo lavas of 2002, 2016, 1977 and 2017 AD, and the trace element partitioning between melilitie glass and melilite, nepheline, leucite, clinopyroxene, apatite, olivine and Fe-Ti oxides: a unique scenario. **Lithos**, p. 296–311, 1 maio 2019. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0024493719300933. Acesso em: 24 fev. 2023.

MOÇO, Maria Kellen da S. *et al.* Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 555–564, 2005. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/rbcs/a/TqSbKTMFsS5DJCXp3mjCytB/abstract/?lang=pt. Acesso em: 24 fev. 2023.

MORAIS, José. W. de *et al.* Mesofauna do solo em diferentes sistemas de uso da terra no alto Rio Solimões, AM. **Neotropical Entomolog**y, v. 39, n. 2, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ne/a/WqnNhYVcM4nSKQr5cFN5Qsy/#. Acesso em: 24 fev. 2023.

MORAIS, Elis Regina Costa *et al.* Indicadores da qualidade do solo em áreas cultivadas com goiaba. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 2, p. 331–339, 20 jun. 2019. Disponível em:

https://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2019.002.0027. Acesso em: 24 fev. 2023.

MOREIRA, F. M. S. et al. O ecossitema solo. UFLA, 2018.

MUMBACH, Gilmar Luis *et al.* Resposta da inoculação com azospirillum brasilense nas culturas de trigo e de milho safrinha. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 2, p. 97–103, 2017. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/51475 Acesso em: 24 fev. 2023.

NETO, Carlos Kosera *et al.* Produção de matéria seca do consórcio aveia com azevém cultivados sob doses de pó de basalto. **Agrarian Academy**, v. 3, n. 6, 31 dez. 2016. Disponível em:

https://conhecer.org.br/ojs/index.php/agrarian/article/view/5159. Acesso em: 20 mar 2023.

NEVES, Mirna Aparecida *et al.* Lama de beneficiamento de rochas ornamentais processadas no espírito santo: Composição e aproveitamento. **Revista Geociências**, v. 40, n. 1, p. 123–136, 2021. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/1502 0. Acesso em: 20 mar 2023.

NIVA, Cithia Carla *et al.* Ecotoxicological assessment of silicate rock fertilizers using soil invertebrates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, 2021. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/W4K6YS3XXwDZHrNjMPWChcm/abstract/?lang=en. Acesso em: 20 mar 2023.

OGINO, Cristiane Mitie *et al.* Poder de compra, preço e consumo de fertilizantes minerais: uma análise para o centro-oeste brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, n. 1, 2021. Disponível em: https://www.scielo.br/j/resr/a/YRXFYCdQnYcqqBzRVxnn5Zd/?lang=pt. Acesso em: 20 mar 2023.

OLIVEIRA, Helena Barros de *et al.* Microbial Activity in the Agricultural and Forestry System. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, 5 fev. 2022. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26184. Acesso em: 20 mar 2023.

OLIVEIRA FILHO, Luis. C. I.; BARETTA, Dilmar. Por que devemos nos importar com os colêmbolos edáficos? **Revista Scientia Agraria**, v. 17, n. 2, p. 21–40, 2016. Disponível em:

https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/48242#:~:text=S%C3%A3o%20tamb%C3%A9m%20reportados%20trabalhos%20da,indicadores%20da%20qualidade%20do%20solo.. Acesso em: 20 mar 2023.

OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P. Influência dos processos de recuperação do solo após mineração de carvão sobre a mesofauna edáfica em Lauro Müller, Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 27, n. 2, p. 69, 18 fev.

2014. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2014v27n2p69. Acesso em: 20 mar 2023.

OLIVEIRA FILHO, Luis. C. I. *et al.* Fauna edáfica em áreas com diferentes manejos e tempos de descarte de resíduos animais. **Revista Cientia Agraria**, v. 19, n. 1, p. 113–123, 2018. Disponível em:

https://revistas.ufpr.br/agraria/article/download/54466/35113. Acesso em: 20 mar 2023.

OLIVEIRA, L. B. T. et al. Alterações físicas e químicas do solo em virtude de construções termíticas no norte de Tocantins. **Engenharia na Agricultura**, v. 20, n. 2, p. 118–130, 2012. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/asagr/a/s3cqqywtKYzsc6qm3RvVYSM/. Acesso em: 12 maio. 2023.

OZELAME, Odimar; ANDREATTA, Tanice. A produção de cereais em uma propriedade no município de Chapecó-SC. **Ciência Rural**, v. 43, n. 2, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cr/a/YGMVSCmwhPJv7FCVt7QCfwp/?lang=pt. Acesso em: 7 mai. 2023.

PAIANO, Diovani *et al.* Digestibilidade do grão de trigo de duplo propósito, cultivar BRS Tarumã, produzido em sistema agroecológico ou convencional para suínos. **Semina:Ciencias Agrarias**, v. 35, n. 4, p. 2767–2778, 2014. Disponível em: https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/semina-ciencias-agrarias/35-(2014)-supl.4/digestibilidade-do-grao-de-trigo-de-duplo-proposito-cultivar-brs-tarum/. Acesso em: 12 fev. 2023.

PAGLIOSA, E. E. et al. Trinexapac-ethyl e adubação nitrogenada na cultura do trigo. **Planta Daninha**, V. 31, n.3, p. 623-630, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pd/a/DpVVyNt8Mc7TMHQ34gTLNxn/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 12 fev. 2023.

PASSOS, Samuel Ribeiro *et al.* Atividade enzimática e perfil da comunidade bacteriana em solo submetido à solarização e biofumigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n. 7, p. 879–885, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/SJWpCPyCmgHXHLXV7wRtStg/?lang=pt. Acesso em: 12 fev. 2023.

PEREIRA, Jamil de Morais *et al.* Fauna edáfica e suas relações com atributos químicos, físicos e microbiológicos em Floresta de Araucária. **Ciencia Florestal**, v. 30, n. 1, p. 242–257, 2020. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/cflo/a/7sLkzPHbnzftzH7FNKymyvw/?lang=pt. Acesso em: 12 fev. 2023.

PEREIRA, Lucas C. et al. Rendimento do trigo (Triticum aestivum) em resposta a diferentes modos de inoculação com Azospirillum brasilense. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 105–113, mar. 2017. Disponível em: https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16433. Acesso em: 12 fev. 2023.

PEREIRA, Micaela B. et al. Plant growth and yield of butter kale (Brassica oleracea L. Var. Acephala), as influenced by the combined application of bovine manure and

rock powder. **Acta Agronomica**, v. 69, n. 1, p. 38–45, 1 jan. 2020. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-

28122020000100038&script=sci\_abstract&tlng=en. Acesso em: 12 fev. 2023.

PITTA, Cristiano Santos Rocha *et al.* Dual-purpose wheat grain and animal production under different grazing periods. **Pesq. agropec. bras**, v. 46, n. 10, p. 1385–1391, 2011. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/pab/a/FrdkMDssyqVtMfqDkD9pBSQ/?lang=en. Acesso em: 18 mar. 2023.

QUATRIN, Mauricio Pase *et al.* Response of dual-purpose wheat to nitrogen fertilization and seed inoculation with azospirillum brasilense. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 43, 2019. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/cagro/a/PLjJLgcKV99ZqxcspLcrP9w/?lang=en. Acesso em: 18 mar. 2023.

QUEIROZ, Jarbas M.; ALMEIDA, Fabio S.; PEREIRA, Marcos P. dos S. Conservação da biodiversidade e o papel das formigas (Hymenoptera: Formicidae) em agroecossistemas. **Floresta e Ambiente**, v. 13, n. 2, p. 37–45, 2006. Disponível em: http://www.floram.periodikos.com.br/article/588e2213e710ab87018b463c Acesso em: 18 mar. 2023.

R CORE TEAM (2019) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/

RAMÍREZ, Lucia Constanza Coralles *et al.* Bacillus: género bacteriano que demuestra ser un importante solubilizador de fosfato. **Nova**, v. 12, n. 21, p. 165–178, 2014. Disponível em: chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v12n 22/v12n22a06.pdf. Acesso em: 18 mar. 2023.

RAMOS, Claudete G. *et al.* A preliminary evaluation of volcanic rock powder for application in agriculture as soil a remineralizer. **Science of the Total Environment**, p. 371–380, 5 abr. 2015. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969714017720. Acesso em: 27 mar. 2023.

RAMOS, Claudete G. *et al.* Possibilities of using silicate rock powder: An overview. **Geoscience Frontiers**, v. 13, n. 1, 1 jan. 2022. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674987121000499. Acesso em: 25 mar. 2023.

REBESQUINI, Renata *et al.* Uso de grãos de cereais de inverno na suplementação de ruminantes em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP). **Revista Plantio Direto**, v. 174, p. 18–24, 2020. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1127813/uso-de-graos-de-cereais-de-inverno-na-suplementacao-de-ruminantes-em-sistemas-de-integracao-lavoura-pecuaria-ilp. Acesso em: 18 mar. 2023.

RENNÓ, Francisco Palma *et al.* Eficiência bioeconômica de vacas de diferentes níveis de produção de leite por lactação e estratégias de alimentação. **Revista** 

**Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 4, p. 765–772, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbz/a/qnPcK9x9zDcrpcYJYBFFhdx/?lang=pt. Acesso em: 18 mar. 2023.

RESENDE, Álvaro Vilela de *et al.* Suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas "in natura" na agricultura brasileira. **Espaço e Geografica**, v. 9, n. 1, p. 42, 2006. Disponível em:

https://periodicos.unb.br/index.php/espacoegeografia/article/view/39768. Acesso em: 22 mar. 2023.

RIBEIRO, Genicelli Mafra. Caracterização de pós de rochas silicáticas, avaliação de solubilidade em ácidos orgânicos e potencial de liberação de nutrientes como remineralizador de solos agrícolas (Tese: Doutorado em Ciência do solo), 107 p., 2018.

RIEFF, G. G. Dinâmica dos ácaros e colêmbolos edáficos e seu potencial como bioindicadores da qualidade do solo em áreas sob diferentes sistemas de manejo. Tese (Doutorado em ciência do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/99120. Acesso em: 13 out. 2022.

RODRIGUES, João. D.; FIOREZE, Samuel. L. Reguladores são, para muitoscultivos, indispensáveis ao alcance de bons níveis. **Visão Agrícola**, n. 13, 2015. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA\_13\_Fisiologia-artigo4.pdf. Acesso em: 18 mar. 2023.

RODRIGUES, Paula de Fátima Martins *et al.* Pragas e dano em milho adubado com remineralizador de solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 5, p. 630, 1 dez. 2018. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/4223/02aa141c82c470bf467c737f9d5c7237b401.pd f. Acesso em: 18 mar. 2023.

RONSANI, Sabrina Carvalho *et al.* Adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca de cultivares de trigo de duplo propósito. **Revista de Ciências Agroveterinarias**, v. 17, n. 2, p. 174–181, 2018. Disponível em: https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/9530. Acesso em: 18 mar. 2023.

ROSA, Marcio Gonçalves da *et al.* Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 6, p. 1544–1553, 1 nov. 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/vzngDFfmG5dgTLywPcGVPkk/abstract/?lang=pt. Acesso em: 18 mar. 2023.

ROSA, Marcio Gonçalves da *et al.* Intensificação do uso do solo pode afetar a biodiversidade de aranhas? **Revista Scientia Agraria**, v. 19, n. n, p. 256–265, 2018. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/55386. Acesso em: 18 mar. 2023.

ROSÁRIO, Jerônimo Gadens do *et al.* Produção e utilização de silagem de trigo. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p.

207-218, 30 abr. 2012. Disponível em:

https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/viewFile/1456/1687. Acesso em: 21 abr. 2023.

ROSOLEM, C. A.; PIVETTA, L. A. Mechanical and biological approaches to alleviate soil compaction in tropical soils: assessed by root growth and activity (Rb uptake) of soybean and maize grown in rotation with cover crops. **Soil Use and Management**, v. 33, n. 1, p. 141–152, 1 mar. 2017. Disponível em:

https://repositorio.unesp.br/handle/11449/162650. Acesso em: 21 abr. 2022.

ROVEDDER, Ana Paula *et al.* Fauna edáfica em solo suscetível à arenização na região sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, n. 2, p. 87–96, 2004. Disponível em:

https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5423. Acesso em: 21 abr. 2023.

SANCHES, Danilo de S.; KIEFER, Charles.; GARCIA, Elis R. de M. Dietas alternativas para aves e suínos: uma breve revisão. **Revista Eletrônica Multidisciplinar de Investigação Científica**, v. 2, n. 1, 15 fev. 2023. Disponível em: https://remici.com.br/index.php/revista/article/view/40. Acesso em: 24 jan. 2023.

SANTOS, Elizeu David dos *et al.* Avaliação da qualidade física dos agregados sob influência da macrofauna invertebrada nos diferentes manejos de preparo do solo. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquis**, v. 34, p. 52–63, 2018. Disponível em: http://periodicos.unifil.br/index.php/Revistateste/article/view/580. Acesso em: 24 jan. 2023.

SANTOS, Henrique José Lopes dos *et al.* Exportações no mercado rural: caracterização e perspectivas futuras. **Revista Cadernos de Economia**, v. 26, n. 42, p. 01–23, 9 dez. 2021. Disponível em: https://bell.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/rce/index. Acesso em: 24 jan. 2023.

SANTOS, H. P. DOS et al. Economic performance of production systems with crop-livestock integration in no-tillage systems. **Revista Brasileira de Ciências Agrarias**, v. 15, n. 2, 2020. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1123557/economic-performance-of-production-systems-with-crop-livestock-integration-in-no-tillage-systems. Acesso em: 24 jan. 2023.

SANTOS, Jocimar dos; EBLING, Patrícia. D.; BONOTTO, Ramiro. M. Balanço nutricional e a composição do leite. **Revista Inovação-Gestão e Tecnologia no Agronegócio**, v. 1, n. 1, p. 2022. Disponível em: https://revistas.uceff.edu.br/inovacao/article/view/217. Acesso em: 24 jan. 2023.

SEGAT, Julia Corá *et al.* Edaphic fauna in built areas after open air coal mining. **Revista em Agronegocio e Meio Ambiente**, v. 14, 1 dez. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/357062216\_Fauna\_edafica\_em\_areas\_rec onstruidas\_apos\_mineracao\_de\_carvao\_a\_ceu\_aberto\_Edaphic\_fauna\_in\_built\_are as after open air coal mining. Acesso em: 24 jan. 2023.

SHAVER, R. D. et al. MILK2006 corn silage: Calculates TDN-1x. NEL-3x, milk per ton, and milk per acre. **University of Wisconsin - Extension**, 2006.

SILVA, Andezza Emanuella Oliveira *et al.* Soil enzymatic activities in areas with stages and management of forest regeneration from Caatinga. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 2, p. 405–414, 1 abr. 2018. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/rcaat/a/H3FvRFC5ZDR9cBNm4KRRXqv/?lang=en. Acesso em: 24 jan. 2023.

SILVA, Ane Cristiane Fortes da *et al.* Macrofauna edáfica em resposta à adubação orgânica em três diferentes plantios florestais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 2123, 2014. Disponível em: chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/Macrofauna.pdf. Acesso em: 24 jan. 2023.

SILVA, C. R. C. DA; SANTOS, I. L. V. DE L. A transformação da agricultura brasileira. 1. ed. Campina Grande: Editora Science, 2021. v. 1

SILVA, Darlan Weber da *et al.* Pó de basalto como fertilizante alternativo na cultura do feijão preto em Latossolo vermelho. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n. 4, p. 373–378, 1 out. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/347918242\_Po\_de\_basalto\_como\_fertiliza nte\_alternativo\_na\_cultura\_do\_feijao\_preto\_em\_Latossolo\_vermelho. Acesso em: 24 jan. 2023.

SILVA, Eloisa Aparecida da *et al.* Efeitos da rochagem e de resíduos orgânicos sobre aspectos químicos e microbiológicos de um subsolo exposto e sobre o crescimento de *Astronium fraxinifolium Schott.* **Revista Árvore**, v.32, n.2, 2008. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/rarv/a/GzfN5Gp9jCzPbwcDJq7nNXc/abstract/?lang=pt. Acesso em: 25 abr. 2023.

SILVA, Haroldo Wilson da. Fatores a considerar sobre a produção de leite a pasto. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, p. 73–77, 2011. Disponível em: https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/2641Acesso em: 25 abr. 2023.

SILVA, Hernani Alves da *et al.* Viabilidade econômica da produção de novilhas leiteiras a pasto em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 745–753, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/QbNPwdPZM66tPWLqHrPSfQk/?lang=pt#ModalTutors Acesso em: 25 abr. 2023.

SILVA, Rodrigo Ferreira da *et al.* Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 130–137, 2013. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/pat/a/k3hQGMbKxmYY4ywGdvX6jYf/?lang=ptAcesso em: 25 abr. 2023.

SILVA, Rodrigo Ferreira da *et al.* Doses de dejeto líquido de suínos na comunidade da fauna edáfi ca em sistema plantio direto e cultivo mínimo. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, p. 418–424, 2014. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/cr/a/GNHypN7PKvsd8q4kkbfcPXg/?lang=pt#ModalTutors Acesso em: 25 abr. 2023.

SILVA, Rodrigo Ferreira da *et al.* Population fluctuation in soil meso- and macrofauna by the successive application of pig slurry. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 221–228, 2016. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/rca/a/tRWNTMfhMSLPfRHP5PbW5Rm/?lang=en Acesso em: 25 abr. 2023.

SILVA, Rogério R.; BRANDÃO, Carlos. R. F. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como indicadoras da qualidade ambiental e biodiversidade de outros invertebrados terrestres. **Biotemas**, v. 12, p. 55–73, 1999. Disponível em:

https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/21777/0. Acesso em: 25 abr. 2023.

SILVA, F. J. P.; CARVALHO, A. M. X.; BORGES, P. H. C. The gabbro dacite blend as soil remineralizer. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 17, n. 1, p. 1–9, 7 fev. 2022.

SILVA, Hernani Alves *et al.* Análise da viabilidade econômica da produção de leite a pasto e com suplementos na região dos Campos Gerais - Paraná. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, 2008. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/cr/a/t3kfS9rHTvpG9mppdmHYqKb/?lang=pt#ModalTutorsAces so em: 25 abr. 2023.

SILVA, Mariana Aguiar *et al.* Rizobactérias multifuncionais: utilização na agricultura. **Research, Society and Development,** v. 11, n.4, 2022.

SILVA, Michelangelo de Oliveira *et al.* Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 47838–47855, 2020. Disponível em:

https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/13360. Acesso em: 25 abr. 2023.

SILVA, Michelangelo de Oliveira *et al.* Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 6853–6875, 2021. Disponível em:

https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/23374#:~:text=A %20qualidade%20do%20solo%20%C3%A9,de%20existir%20em%20poucas%20d%C3%A9cadas. Acesso em: 25 abr. 2023.

SILVEIRA, César Martoreli da *et al.* Produtividade do amendoim sob efeito residual de pó de rocha basáltica em área de reforma de canavial. **South American Sciences**, v. 2, 2021. Disponível em:

https://southamericansciences.com.br/index.php/sas/article/view/127. Acesso em: 25 abr. 2023.

SOARES, André B.; PIN, Edison A.; POSSENTI, Jean C. Valor nutritivo de plantas forrageiras anuais de inverno em quatro épocas de semeadura. **Ciência Rural**, v. 43, n. 1, p. 120–125, 2013. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/cr/a/B9r3YBDVYPJy83x886rgtQx/abstract/?lang=pt. Acesso em: 25 abr. 2023.

SOBUCKI, Lisiane *et al.* Manejo e qualidade biológica do solo: uma análise. **Revista Agronomia Brasileira**, v. 3, 2019. Disponível em:

https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidade/laboratoriodematologia/agronomiabrasileira/rab201904.pdf . Acesso em: 25 abr. 2023.

SOUTO, Patrícia Carneiro *et al.* Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, p. 151–160, 2008b. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/rbcs/a/tkFXxcDqKjzb7DV9pVVTqHh/abstract/?lang=pt. Acesso em: 25 abr. 2023.

SOUZA, Dallas K. F. DE; SILVEIRA, Rodrigo L. F. DA; BALLINI, Rosângela. Efeito da expansão da safra de inverno de milho no Brasil sobre a sazonalidade dos preços spot. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, n. 4, 2023. Disponível em: https://www.scielo.br/j/resr/a/sm8tfmDkvBXzmyPGXwM7sKt/. Acesso em: 25 abr. 2023.

SOUZA, Maicon D. B. de; FONTANETTI, Anastácia; LOPES-ASSAD, Maria L. R. C. Efeito de remineralizador, vinhaça e plantas de cobertura nos atributos químicos do solo. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 1–7, 2017. Disponível em: https://www.revistacta.ufscar.br/index.php/revistacta/article/view/76. Acesso em: 25 abr. 2023.

SOUZA, Rodrigo G. DE; VIEIRA FILHO, José E. R. Produção de trigo no Brasil: Análise de políticas econômicas e seus impactos. **Revista de Política Agrícola**, n. 2, 2021. Disponível em:

https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1614. Acesso em: 15 abr. 2023.

SOUZA, Fred Newton da Silva *et al.* Efeitos condicionador e nutricional de um remineralizador de solos obtido de resíduos de mineração. **Revista Agri-Environmental Sciences**, v. 3, n. 1, 2017. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1084004/efeitos-condicionador-e-nutricional-de-um-remineralizador-de-solos-obtidos-de-residuos-de-mineracao. Acesso em: 15 abr. 2023.

SOUZA, José Thyago Aires *et al.* Macrofauna do solo cultivado com palma forrageira sem e com cobertura edáfica. **Acta Biológica Catarinense**, v. 5, n. 3, p. 33–41, 2018. Disponível em: http://periodicos.univille.br/index.php/ABC/article/view/404/348. Acesso em: 15 abr. 2023.

SOUZA, T. et al. Variabilidade temporal da fauna edáfica e seus grupos funcionais em sistema agroflorestal. **Biodiversidade Brasileira - BioBrasil**, v. 12, n. 2, 22 mar. 2022.

STEFEN, David Luis Vieira *et al.* Adubação nitrogenada associada ao emprego de reguladores de crescimento em trigo cv. Mirante. **Revista Clências** 

Agroveterinárias, v. 13, n. 1, p. 30–39, 2014. Disponível em:

https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5171/0. Acesso em: 15 abr. 2023.

TAVEIRA, José Henrique da Silva *et al.* Importância dos remineralizadores na produção de milho para silagem. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 24907–24919, 2021. Disponível em:

https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/26175. Acesso em: 15 abr. 2023.

TEIXEIRA FILHO, Marcelo C. M. *et al.* Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 797–804, 2010. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/pab/a/fWdbWGLbMKJbmw8HNqMZSwt/#ModalTutors. Acesso em: 15 abr. 2023.

THEODORO, Suzi. Huff *et al.* A importância de uma rede tecnológica de rochagem para a sustentabilidade em países tropicais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, p. 1390–1407, 2012. Disponível em:

https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232929. Acesso em: 15 abr. 2023.

TITO, Mirela S.; PERES, Afonso A. de C. Análise da viabilidade econômica e financeira da produção de leite em propriedade familiar: estudo de caso do Rancho Pacheco, RJ. **ABCustos**, v. 14, n. 3, p. 1–25, 2019. Disponível em: https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1614. Acesso em: 15 abr. 2023.

TONISSI, Rafael Henrique *et al.* **Alimentos e alimentação animal**. UFGD, 2013. Disponível em:

https://omp.ufgd.edu.br/omp/index.php/livrosabertos/catalog/view/211/78/325. Acesso em: 15 abr. 2023.

TOSCANI, Rafael G. da S.; CAMPOS, José. E. G. Uso de pó de basalto e rocha fosfatada como remineralizadores em solos intensamente intemperizados. **Geociências**, v. 36, n. 2, p. 259–274, 2017. Disponível em: https://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/36/volume36\_2\_files/36-2-artigo-05.pdf. Acesso em: 15 abr. 2023.

UNDERSANDER, D. L.; COMBS, D.; SHAVER, J. R. Milk2016 (Alfalfa-grass): index combining yield and quality. University of Wisconsin-Extension. 2013. Disponível em: <a href="https://fyi.uwex.edu/forage/milk2016-combining-yield-and-quality-into-a-single-term/">https://fyi.uwex.edu/forage/milk2016-combining-yield-and-quality-into-a-single-term/</a>. Acesso em: 21 de ago. de 2021.

UNDERSANDER, D. L.; HOWARD, W. T.; SHAVER, R. D. Milk per acre spreadsheet for combining forage yield and quality into a single term. **Journal of Production Agriculture**, v. 6, p. 231-235, 1993.

VEZZANI, Fabiane M.; MIELNICZUK, João. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 743–755, 2009. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/rbcs/a/rSb9bsbsgjBqw4t9b9jrDBC/?lang=pt. Aceso em: 15 abr. 2023.

VIANA, Eloise. M.; KIEHL, Jorge. D. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 975–982, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/j/brag/a/gtxzJgV7rBhDFHhDVMk7Bwk/#:~:text=A%20combina %C3%A7%C3%A3o%20das%20doses%20251,de%20nitrog%C3%AAnio%20no%20tecido%20vegetal. Aceso em: 15 abr. 2023.

VIANA, L. S. DE B.; CAITANO, T. B. DOS S.; PONTES, A. N. A remineralização de solos como iniciativa ao desenvolvimento sustentável. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e45101421516, 24 out. 2021.

WENDT, W.; DEL DUCA, L. J. L.; CAETANO, V. DA R. Avaliação de cultivares de trigo de duplo propósito, recomendados para cultivo no estado do Rio Grande do Sul. **Comunicado Técnico 137** - Embrapa, 2006. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/745281/avaliacao-de-cultivares-de-trigo-de-duplo-proposito-recomendados-para-cultivo-no-estado-do-rio-grande-do-sul. Acesso em: 15 abr. 2023.

WRITZL, Taniel Carlson *et al.* Produção de milho pipoca com uso do pó de rocha de basalto associado à cama de frango em latossolo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 101–109, 2019. Disponível em: https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/3077. Acesso em: 15 abr. 2023.

WROBEL, Felipe de Lima *et al.* Doses de nitrogênio sobre produtividade e aspectos nutricionais de grãos e palha de trigo duplo propósito. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 14, p. 27, 15 fev. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/310666640\_Doses\_de\_nitrogenio\_sobre\_p rodutividade\_e\_aspectos\_nutricionais\_de\_graos\_e\_palha\_de\_trigo\_duplo\_proposito. Acesso em: 23 fev. 2023.

ZAGO, Leciana de Menezes Souza *et al.* Enzimas extracelulares de solos de cerrado como bioindicadores de qualidade em áreas agricultáveis em Goiás, Brasil. **Fronteiras**, v. 5, n. 1, p. 104–127, 1 jan. 2016. Disponível em: http://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/1623. Acesso em: 15 abr. 2023.

ZILIO, Marcio; PELOSO, Jéssica A.; MANTOVANI, Analu. Produção de forragem e de grãos de trigo de duplo propósito submetido a diferentes densidades de semeadura, adubação nitrogenada e manejos de corte. **Revista de Ciências Agroveterinarias**, v. 16, n. 4, p. 367–375, 2017. Disponível em: https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/7541. Acesso em: 15 abr. 2023.

### **ANEXO A – TABELAS COMPLEMENTARES**

Tabela complementar 1 – Descrição dos custos variáveis considerados na produção de pastagem e de grãos do trigo duplo propósito conforme os tratamentos estudados.

TRATAMENTOS											
T1	T2	T2 T3		T5	T6	T7	T0				
Insumos (sementes, fertilizantes, agrotóxicos, inoculantes)											
3030,45	1781,13	2827,43	2837,43	2923,93	2087,43	2173,93	1041,13				
Mão de obra (plantio, tratos culturais, colheita)											
912,57	912,57	912,57	912,57	912,57	912,57	912,57	912,57				
Serviços mecânicos											
471,48	471,48	471,48	471,48	471,48	471,48	471,48	471,48				
Despesas gerais											
42,26	42,26	42,26	42,26	42,26	42,26	42,26	42,26				
Assistência técnica											
85,36	85,36	85,36	85,36	85,36	85,36	85,36	85,36				
Seguro da produção											
277,41	277,41	277,41	277,41	277,41	277,41	277,41	277,41				
Custos financeiros											
138,92	138,92	138,92	138,92	138,92	138,92	138,92	138,92				
Despesas de comercialização de grãos											
271,61	271,61	271,61	271,61	271,61	271,61	271,61	271,61				
Custo da pastagem											
4.958	3.709	4.755	4.765	4.852	4.015	4.102	2.969				
Custo total com a produção de grãos											
5.230	3.980	5.027	5.037	5.123	4.287	4.373	3.240				

Fonte: Adaptado de EPAGRI/CEPA (2022, não paginado).

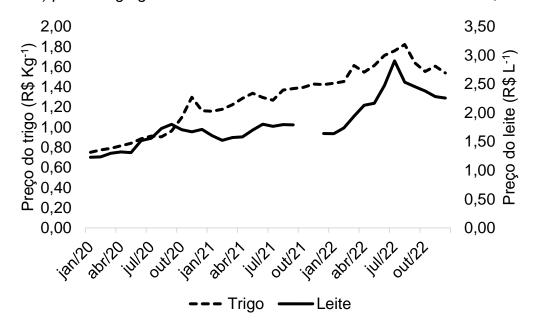
Tabela complementar 2 – Teor de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Ferro (Fe) e Manganês (Mn), Matéria orgânica (MO), capacidade de troca catiônica (CTC), potencial hidrogeniônico (pH), saturação de bases (SB) e acidez potencial (AP) do solo.

TRATAMENTOS	Р	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	МО	CTC	рН	SB	H + Al
	mg dm³	mg dm³	cmolc dm³	cmolc dm³	mg dm³	mg dm³	g dm³	mg dm³	%	cmolc dm³	-	%	cmolc dm³
T1	14,18	266	5,17	2,96	1,87	3,95	40,57	1,10	4,25	13,15	5,40	62,61	5,69
T2	14,30	291	6,95	3,30	2,30	4,70	47,55	2,14	4,28	15,51	5,68	69,52	4,29
Т3	16,60	326,50	6,60	3,35	2,25	5,17	53,15	2,10	4,53	25,06	5,75	73,67	3,79
T4	17,38	315,50	6,72	3,42	2,22	4,50	51,07	2,25	4,43	15,20	5,60	77,60	3,04
T5	20,75	305	6,85	3,82	2,40	4,95	54,05	2,20	4,28	15,91	5,65	76,21	3,44
T6	13,37	117,50	4,70	2,67	1,65	3,87	36,98	1,20	4,23	12,77	5,35	63,72	4,85
T7	12,80	113,50	4,65	2,57	1,75	3,62	39,97	1,22	4,40	12,45	5,40	64,89	4,65
Т0	8,30	84,50	4,79	2,33	1,57	3,17	38,12	1,23	4,35	12,98	5,37	63,49	5,45

Fonte: Adaptado de GALINA (2023).

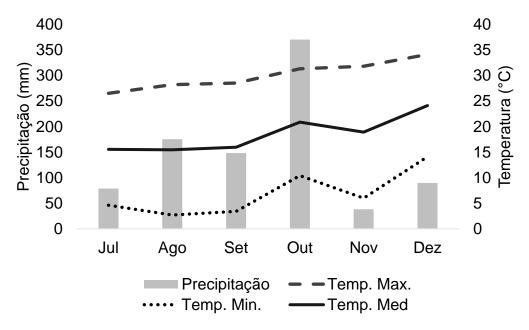
#### **ANEXO B – FIGURAS COMPLEMENTARES**

Figura complementar 1 – Preço médio de venda dos últimos três anos (2020, 2021, 2022) para o trigo grão e leite in natura no Estado de Santa Catarina, BR.



Fonte: CONSELEITE; CONAB (2023).

Figura complementar 2 – Precipitação, Temperatura máxima (Temp. Max),
Temperatura mínima (Temp. Min) e Temperatura média (Temp. Med) mensurada
pela estação automática A839 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)
durante o ciclo de cultivo do trigo duplo propósito.

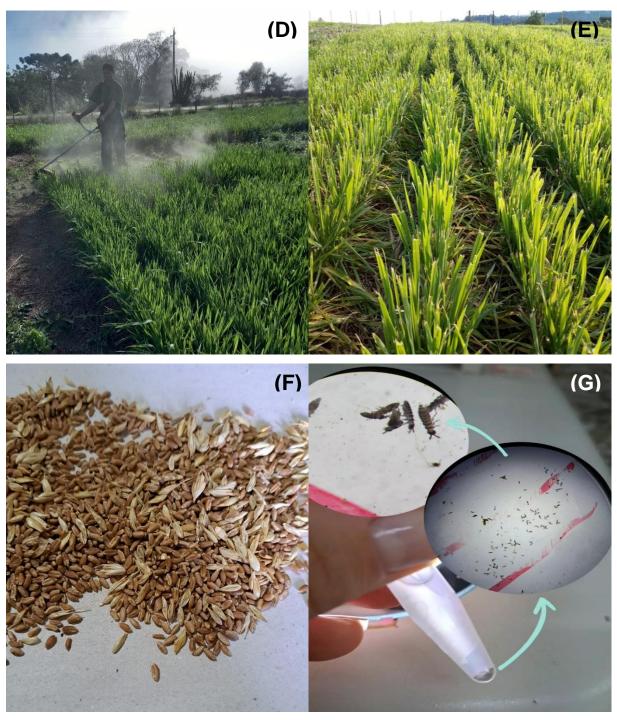


Fonte: INMET (2023).

Figura complementar 3 – Coleta de amostras da pastagem pelo método do quadrado (A). Diferença entre cortes na parcela (B). Registro da ocorrência de ferrugem da folha (C). Roçada manual simulando pastejo (D). Rebrote após primeiro corte (E). Separação manual de grãos (F). Triagem da fauna edáfica (G).



Fonte: Elaborado pela autora (2023)



Fonte: Elaborado pela autora (2023)