

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS DE FREDERICO WESTPHALEN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA:
AGRICULTURA E AMBIENTE**

Janine Diéle Feltes

**RESÍDUOS ORGÂNICOS COMO FONTE NITROGENADA: IMPACTO
NO DESENVOLVIMENTO DO FEIJOEIRO E NA FAUNA EDÁFICA**

Frederico Westphalen, RS
2023

Janine Diéle Feltes

**RESÍDUOS ORGÂNICOS COMO FONTE NITROGENADA: IMPACTO NO
DESENVOLVIMENTO DO FEIJOEIRO E NA FAUNA EDÁFICA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Agronomia, Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Claudir José Basso

Frederico Westphalen, RS
2023

Feltes, Janine Diéle

Resíduos orgânicos como fonte nitrogenada: impacto no desenvolvimento do feijoeiro e na fauna edáfica / Janine Diéle Feltes.- 2023.

68 p.; 30 cm

Orientador: Claudir José Basso

Coorientador: Rodrigo Ferreira da Silva

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen, Programa de Pós Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, RS, 2023

1. Resíduos orgânicos animais 2. Phaseolus vulgaris L.
3. Fauna edáfica 4. Qualidade do solo I. Basso, Claudir José II. Silva, Rodrigo Ferreira da III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, JANINE DIÉLE FELTES, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Janine Diéle Feltes

**RESÍDUOS ORGÂNICOS COMO FONTE NITROGENADA: IMPACTO NO
DESENVOLVIMENTO DO FEIJOEIRO E NA FAUNA EDÁFICA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Agronomia, Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Aprovado em 16 de fevereiro de 2023:

Claudir Jose Basso, Dr. (UFSM)
(Orientador)

Danni Maisa da Silva, Dr^a (UERGS)

Thiarles Brun, Dr. (URI)

Frederico Westphalen, RS
2023

À minha família,
meus pais Imelda e Adilson
e meus irmãos Leonardo e Leomar.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, pela dádiva da vida.

A concretização deste trabalho se deu pelo auxílio, compreensão e dedicação de muitas pessoas. Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram com o desenvolvimento desta pesquisa, e de uma maneira especial, agradeço:

À minha mãe, Imelda, e meu pai, Adilson, por estarem sempre presentes na minha vida, me incentivando e apoiando em todas as minhas decisões, obrigada por todos os ensinamentos e pelo exemplo de vida;

Aos meus irmãos, Leomar e Leonardo, pelo auxílio e atenção nos momentos que precisei;

Ao meu namorado, Matias, pelo amor, amizade, companheirismo e apoio em todas as decisões;

Ao professor Dr. Claudir José Basso, pela orientação, confiança, compreensão e dedicação. Obrigada por todos os ensinamentos transmitidos e pela oportunidade;

Ao co-orientador, professor Dr. Rodrigo Ferreira da Silva, pela orientação e contribuições repassadas;

Aos professores Danni Maisa da Silva e Thiarles Brun pela disponibilidade em participar da banca de defesa.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Plantas de Lavoura: Eduarda Vargas, Maria, Guilherme, Denise, Elyn, Igor, Lidiane, Dyeferson, Diogo, Sônia, Gabriel, Mateus, Pedro, Luana, Nathália, Eduarda Antonow, Elis, Pâmela e Taylene. Obrigada pela disponibilidade e auxílio nas atividades. Sou muito grata pela ajuda de todos vocês;

Ao laboratorista Lucindo Somavilla, por atender sempre as minhas dúvidas e contribuir com as análises de laboratório;

À Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen, pela oportunidade de desenvolver e concretizar este estudo;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura e Ambiente (PPGAAA), por todo conhecimento compartilhado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos;

Enfim, a todos que fazem parte da minha vida e são essenciais nessa jornada.

Muito Obrigada!!

A persistência é o caminho do êxito.

(Charles Chaplin)

RESUMO

RESÍDUOS ORGÂNICOS COMO FONTE NITROGENADA: IMPACTO NO DESENVOLVIMENTO DO FEIJOEIRO E NA FAUNA EDÁFICA

AUTORA: Janine Diéle Feltes
ORIENTADOR: Claudir José Basso

A suinocultura e a avicultura se destacam entre as principais atividades desenvolvidas no Rio Grande do Sul (RS). Estes sistemas de produção de forma cada vez mais intensiva, geram grande quantidade de resíduos orgânicos que possuem potencial uso como fonte de nutrientes para as culturas agrícolas de interesse econômico. Este trabalho teve por objetivo, avaliar o impacto do uso de fontes nitrogenadas orgânicas e mineral sobre o feijoeiro e a fauna edáfica do solo. O trabalho foi desenvolvido na área experimental do Departamento de Ciências Agrônomicas e Ambientais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), *Campus Frederico Westphalen-RS*. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com sete tratamentos e sete repetições. Os tratamentos constituíram-se de fontes orgânicas alternativas de N para o desenvolvimento do feijão-preto: cama de aves (CA), dejetos líquidos de suínos (DLS) e uma fonte mineral (M), onde 1) testemunha (sem aplicação de N); 2) 100% do N via CA; 3) 50% do N via CA + 50% via mineral; 4) 100% do N via DLS; 5) 50% do N via DLS + 50% via mineral; 6) 50% do N via CA + 50% via DLS; e, 7) 100% do N via mineral. Observou-se que os tratamentos com adição de N apresentaram diferença estatística para as variáveis de crescimento de planta e produtividade, sendo que as variáveis de rendimento não diferiram entre si. As coletas da fauna edáfica foram realizadas em quatro repetições, no período da pré-plantio, florescimento e pós-colheita do feijoeiro com armadilhas do tipo PROVID. A utilização do DLS e CA associados a fonte mineral se mostraram eficientes como estratégia de manejo de N na cultura, com incrementos em produtividade em relação ao manejo mineral e a testemunha. A aplicação isolada do DLS ou associada a CA se mostrou eficiente para o aumento na produtividade. A fauna edáfica é influenciada pelos resíduos orgânicos. A aplicação isolada de DLS resultou na diminuição da abundância com efeito mais expressivo sobre o grupo Collembola, representado principalmente pela família Entomobryidae, enquanto os tratamentos com a CA proporcionaram aumento na abundância. O uso combinado de CA+DLS resultou em maior diversidade e uniformidade de distribuição dos organismos da fauna edáfica.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Cama De Aves. Dejetos Líquidos De Suínos. Qualidade Do Solo. Collembola.

ABSTRACT

ORGANIC WASTE AS A NITROGEN SOURCE: IMPACT ON THE DEVELOPMENT OF BEAN AND EDAPHIC FAUNA

AUTHOR: Janine Diéle Feltes
ADVISOR: Claudir José Basso

Pig farming and poultry farming stand out among the main activities developed in Rio Grande do Sul (RS). These increasingly intensive production systems generate large amounts of organic waste that have potential use as a source of nutrients for agricultural crops of economic interest. The objective of this work was to evaluate the impact of the use of organic and mineral nitrogen sources on common bean and edaphic fauna. The work was developed in the experimental area of the Department of Agronomic and Environmental Sciences of the Federal University of Santa Maria (UFSM), *Campus* Frederico Westphalen-RS. The experimental design was in randomized blocks with seven treatments and seven replications. The treatments consisted of alternative organic sources of N for the development of black bean: poultry litter (CA), swine liquid slurry (DLS) and a mineral spring (M), where T: control (without N application); CA: 100% of N via CA; CA+M: 50% of N via CA + 50% via mineral; DLS: 100% of N via DLS; DLS+M: 50% of N via DLS + 50% via mineral; CA+DLS: 50% of N via CA + 50% via DLS; and, M: 100% of N via mineral. It was observed that the treatments with the addition of N showed statistical difference for the plant growth and productivity variables, and the yield variables did not differ from each other. The edaphic fauna collections were carried out in four repetitions, in the period of pre-sowing, flowering and post-harvest of the bean plant with traps of the PROVID type. The use of DLS and CA associated with a mineral source proved to be efficient as a N management strategy in the crop, with increases in productivity in relation to mineral management and the control. The isolated application of DLS or associated with CA proved to be efficient for increasing productivity. The edaphic fauna is influenced by organic residues. The isolated application of DLS resulted in a decrease in abundance with a more expressive effect on the Collembola group, represented mainly by the Entomobryidae family, while treatments with CA provided an increase in abundance. The combined use of CA+DLS resulted in greater diversity and uniformity of distribution of edaphic fauna organisms.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Poultry Litter. Swine Liquid Slurry. Soil Quality. Collembola.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

- Tabela 1 - Médias de massa seca, acúmulo de nitrogênio na parte aérea e teor de proteína no grão da cultura do feijão submetido a adubação com diferentes fontes de nitrogênio.....28
- Tabela 2 - Médias de altura de planta, diâmetro do colmo, número de legumes por planta e número de grãos por planta da cultura do feijão submetido a adubação com diferentes fontes de nitrogênio.....31
- Tabela 3 – Médias do peso de mil grãos, produtividade final de grãos e índice de colheita da cultura do feijão submetido a adubação com diferentes fontes de nitrogênio.....33

ARTIGO II

- Tabela 1 – Número de indivíduos, abundância, riqueza da fauna, frequência relativa total e identificação dos grupos (classe/ordem) coletados em três épocas distintas sob o manejo de diferentes fontes nitrogenadas aplicados na cultura do feijoeiro. UFSM, Frederico Westphalen, 2022.....46
- Tabela 2 - Índice riqueza de Margalef, equitabilidade de Pielou, dominância de Simpson e diversidade de Shannon da fauna edáfica coletados em três épocas distintas sob o manejo de diferentes fontes nitrogenadas aplicados na cultura do feijoeiro. UFSM, Frederico Westphalen, 2022.....51
- Tabela 3 - Índice de riqueza de Margalef, equitabilidade de Pielou, dominância de Simpson e diversidade de Shannon das famílias do grupo Collembola, coletados em três épocas distintas sob o manejo de diferentes fontes nitrogenadas aplicados na cultura do feijoeiro. UFSM, Frederico Westphalen, 2022.....56

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I

Figura 1 - Distribuição da precipitação pluviométrica, temperaturas máximas, mínimas e médias diárias correspondentes a duração do experimento. Frederico Westphalen, RS, 2022.....25

ARTIGO II

Figura 1 - Distribuição da precipitação pluviométrica, temperaturas máximas, mínimas e médias diárias correspondentes a duração do experimento. Frederico Westphalen, RS, 2022.....43

Figura 2 - Número total de colêmbolos coletados em três épocas distintas sob o manejo de diferentes fontes nitrogenadas aplicados na cultura do feijoeiro. UFSM, Frederico Westphalen, 2022.....52

Figura 3 - Número de indivíduos por família do grupo Collembola coletados em três épocas distintas sob o manejo de diferentes fontes nitrogenadas aplicados na cultura do feijoeiro. UFSM, Frederico Westphalen, 2022.....54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 A CULTURA DO FEIJÃO E SUA IMPORTÂNCIA	14
2.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA	15
2.3 RESÍDUOS DA PRODUÇÃO ANIMAL: CAMA DE AVES E DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS.....	17
2.4 FAUNA EDÁFICA COMO INDICADOR DE QUALIDADE DO SOLO.....	20
3 ARTIGO I – RESÍDUOS ORGÂNICOS COMO FONTE NITROGENADA: IMPACTO NO DESENVOLVIMENTO DO FEIJOEIRO	23
RESUMO	23
3.1 INTRODUÇÃO.....	23
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
3.4 CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS	36
4 ARTIGO II – RESÍDUOS ORGÂNICOS COMO FONTE NITROGENADA: IMPACTO NA FAUNA EDÁFICA.....	41
RESUMO	41
4.1 INTRODUÇÃO.....	41
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	42
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.4 CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS	57
5 CONCLUSÃO GERAL	63
REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) está presente na alimentação de grande parte dos brasileiros, sendo considerado básico para a alimentação humana, juntamente com o trigo, arroz e milho (NAEEM et al., 2020). Sua importância alimentar é devido ao alto teor de proteínas (DOMENE et al., 2021), minerais e vitaminas do complexo B (MUTUNGI et al., 2022), o que o torna, uma fonte acessível de proteínas à base de plantas (SAHRUZAINÉ et al., 2020) e de baixo custo quando comparada com a proteína animal (KOTUE et al., 2018).

O feijão, pode ser cultivado do sul ao norte do Brasil (HEINEMANN et al., 2022). Na safra 2021/22, a área cultivada foi de 2,85 milhões de hectares, com uma produção de 2,98 milhões de toneladas do grão (CONAB, 2022), resultado esse, que coloca o Brasil como quarto maior produtor mundial de feijão (FAOSTAT, 2022).

Entretanto, a produtividade de 1.047 kg ha⁻¹ (CONAB, 2022) ainda é baixa, podendo alcançar 3.000 kg ha⁻¹ (LACERDA; NASCENTE; PEREIRA, 2019). Devido ao ciclo curto e de um sistema radicular superficial e pouco desenvolvido (OLIVEIRA et al., 2018), o feijoeiro é exigente em nutrição. O nitrogênio (N) é o nutriente que possibilita incrementos em produtividade (FAGERIA; CARVALHO, OLIVEIRA, 2014), pois cerca de 41 kg ha⁻¹ de N são acumulados na parte aérea e 36,5 kg ha⁻¹ exportados para cada 1.000 kg de grãos produzido (OLIVEIRA et al., 2018). Por isso, devido a necessidade de aporte de N pela cultura, este manejo se torna um dos principais custos de produção em uma lavoura (RABELO et al., 2017). Neste sentido, a utilização de resíduos orgânicos como fonte nitrogenada é uma alternativa para redução de custos e reaproveitamento dos resíduos gerados pelos animais, se tornando um meio sustentável de descarte no meio ambiente (BARROS et al., 2019). Desta forma, a utilização de resíduos orgânicos da produção de animais como fonte alternativa de adubação nitrogenada para o feijoeiro é uma opção viável sob o ponto de vista técnico e ambientalmente correto.

No Rio Grande do Sul destacam-se os resíduos provenientes da avicultura e da suinocultura, pois no ano de 2021 a nível nacional o estado foi o terceiro maior no número de abate de frangos (13,65%) e o segundo maior no abate de suínos (20,72%) (ABPA, 2022). Conseqüentemente, se tem uma geração anual de 7,8 milhões de toneladas de cama de aves (CA) (LOURENÇO et al., 2013) e 300 milhões de m³ de dejetos líquidos de suínos (DLS) (FERREIRA, 2014).

O uso destes resíduos como fertilizantes está atrelado a sua composição. No caso do DLS, cerca de 50 % do N está na forma mineral (PINTO et al., 2014) e logo após a sua aplicação

possui efeito imediato sobre o crescimento das plantas (CERETTA et al., 2003). Em contrapartida, a CA apresenta o N em quase sua totalidade na forma orgânica, com liberação mais lenta dos nutrientes durante o ciclo da cultura (LOURENÇO et al., 2013), além de proporcionar o aumento de radicais orgânicos que se ligam aos nutrientes e evita a sua lixiviação (CARVALHO et al., 2011). Desta forma, a associação destes resíduos pode promover a disponibilidade de N por um período maior durante o ciclo da cultura. O DLS possui capacidade de substituir parcialmente ou totalmente a adubação mineral no feijoeiro (SARTOR et al., 2012), e o mesmo ocorre com a CA que associada a uma fonte mineral pode substituir parcialmente a adubação mineral (LOURENÇO et al., 2013). Na literatura, é grande o número de informações sobre a utilização desses resíduos (SARTOR et al., 2012; LOURENÇO et al., 2013; LIMA NETO et al., 2018; LOCATELLI et al., 2019), porém são trabalhos realizados de forma isolada e na maioria das vezes testando doses. Poucas são as informações da associação desses dois resíduos com características bem diferentes sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

Além do potencial uso como fertilizantes, a aplicação de resíduos orgânicos traz benefícios no acúmulo de matéria orgânica e na atividade biológica (NICOLOSO et al., 2016). Estes organismos realizam importantes funções no sistema de produção, como a ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica e redistribuição de nutrientes, atuando no equilíbrio do ecossistema (VIANA et al., 2022). No cultivo do feijoeiro, os sistemas de produção refletem em variações na diversidade e dominância dos grupos de organismos da fauna edáfica (QUADROS et al., 2009). Conseqüentemente, a sensibilidade dos organismos às mudanças possibilita seu uso como indicador de qualidade do solo (SILVA et al., 2016).

Neste contexto, a hipótese que se fundamenta esse trabalho é de que existe uma resposta do feijoeiro ao manejo nitrogenado proveniente de diferentes fontes, quando usadas de forma isolada ou associadas e que essas fontes afetam a fauna edáfica. Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar o impacto do uso de fontes nitrogenadas orgânicas e mineral sobre o desenvolvimento do feijoeiro e na fauna edáfica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DO FEIJÃO E SUA IMPORTÂNCIA

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) pertence à família Fabaceae, tem o seu local de origem ainda sendo questionado devido a ampla área de ocorrência das espécies selvagens. Conforme Freitas (2006) há dois centros primários de domesticação, um na América Central e o outro ao Sul dos Andes. Estudos com carbono 14 situam análises de restos pré-históricos de feijoeiro de até 7000 anos a.C. no leste do México (GENTRY, 1969).

Após a domesticação, as cultivares da América Central foram introduzidas no Brasil através de uma rota pelo México ou Guatemala, sendo predominantemente feijões de menor tamanho (ALMEIDA; WANDER; FIGUEIREDO, 2016). No entanto, devido à falta de estudos com as amostras arqueológicas, não se tem definido a processo de introdução do feijão no Brasil (FREITAS, 2006). A partir de então, o feijão se tornou um dos alimentos mais importantes para população brasileira (PELEGRINI; BEZERRA; HASPARYK, 2017) e atualmente é uma das principais culturas produzidas no Brasil e no mundo (MORAES; MENELAU, 2017).

Sua relevância está diretamente atrelada ao valor nutricional, visto que o feijão, juntamente com o trigo, arroz e milho, são constituintes da dieta básica da população humana (NAEEM et al., 2020). Está entre as leguminosas que mais oferece benefícios pelo seu consumo (ZARGAR et al., 2017), devido ao seu alto teor proteico, que atinge níveis em torno de 20% (DOMENE et al., 2021), duas a três vezes maior que o observado em outros cereais (HEINEMANN et al., 2022). Isso, torna o feijão uma importante fonte de proteína a um baixo custo em relação a proteína de origem animal (KOTUE et al., 2018), e acessível para grupos de baixa renda nos países em desenvolvimento (ZARGAR et al., 2017).

Devido a sua composição, o feijão é considerado um dos alimentos mais completos, e apresenta uma composição que não é encontrada em outros alimentos, como o fornecimento de proteínas, ferro, magnésio, zinco, potássio e fibras, tendo pouco teor de gordura e sódio, e ausência de colesterol (KOTUE et al., 2018). Consequentemente, o maior consumo de feijão poderá melhorar a saúde de forma geral, pois os nutrientes podem reduzir o risco de desenvolver doenças cardíacas, obesidade e alguns tipos de câncer (KOTUE et al., 2018).

A importância do feijão para a população se deve ao fato, deste ser considerado um produto de segurança alimentar, logo, existe apoio e garantia de produção do grão pelo Estado, assim como, um sistema de preços que viabiliza a aquisição pelo consumidor (SOUSA; FERREIRA, 2021). Pode ser cultivado em uma ampla gama de ambientes e sistemas de

produção (HEINEMANN et al., 2016), o que permite seu cultivo do Sul ao Norte do país (HEINEMANN et al., 2022). De acordo com o levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022), todas as regiões no Brasil são produtoras de feijão. Na última safra 2021/22 a área cultivada foi de 2,85 milhões de hectares e produção de 2,98 milhões de toneladas do grão, aumento de produção em 3,3% sobre a safra anterior. A região sul destaca-se com 31% do total produzido. Conforme o mesmo levantamento, a produtividade média nacional foi de 1.047 kg ha⁻¹, o que significa um aumento de 5,7% sobre a safra anterior, sendo que regiões do centro sul apresentam as maiores médias produtivas, situadas em 1.690 kg ha⁻¹. Para a próxima safra a estimativa de produção é de 2,96 milhões de toneladas.

Nacionalmente os principais estados produtores são Paraná, Bahia e Ceará. Isso mostra a ampla adaptação edafoclimática do feijão para as regiões de produção, o que permite seu cultivo em quase todos os estados e durante todo o ano, logo, é possível observar três épocas distintas de semeadura, possibilitando a oferta constante do produto (COÊLHO, 2021). A produção é proveniente de cultivos em pequena e grande escala, e com diferentes sistemas de produção para cada região (MORAES; MENELAU, 2017).

Devido a atual produção, o Brasil configura entre os maiores produtores mundiais. No ano de 2020 os principais produtores mundiais de feijão foram: China, Índia, Myanmar, Brasil, Estados Unidos, México e Indonésia (FAOSTAT, 2022). No entanto, com o aumento da população será necessário maior produção de alimentos para suprir a demanda mundial, para isso é necessário o aumento de produtividade (GALBIATTI et al., 2011), tornando-se importante a busca constante por manejos no cultivo que resultem em maior eficiência de produção.

2.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA

Como toda e qualquer cultura comercial, o feijoeiro requer atenção e assertividade nos diferentes manejos quando se busca uma boa produtividade. Independente do genótipo, a disponibilidade de nutrientes impõe limitações ao desenvolvimento da planta e que pode comprometer o potencial produtivo expressado pelo genótipo (SANTOS et al., 2015). Quando se busca uma alta produtividade, uma adubação equilibrada é necessária, isso porque, a cultura necessita de 16 nutrientes para um bom desenvolvimento das plantas, sendo a principal forma de obtenção desses nutrientes através do solo, que quando não atender a demanda, deverá receber complementação através da adubação (FAGERIA; CARVALHO; OLIVEIRA, 2014).

Desta forma, destaca-se a importância no manejo da adubação, pois trata-se de uma cultura exigente em fertilidade e qualidade de solo, consequência do seu ciclo curto e um sistema radicular muito superficial e pouco desenvolvido, logo, os nutrientes precisam estar prontamente disponíveis e em sincronismo com a demanda da cultura (OLIVEIRA et al., 2018). De acordo com trabalho realizado pelos mesmos autores, cerca de 41 kg ha⁻¹ de N são acumulados na parte aérea para se produzir 1.000 kg de grãos, além de outros nutrientes, como 28,3 kg ha⁻¹ de potássio (K) e 16,6 kg ha⁻¹ de cálcio (Ca), sendo que para cada tonelada de grão produzido é exportado principalmente o N (36,5 kg ha⁻¹), seguido do K (11,2 kg ha⁻¹) e do fósforo (P) (4,0 kg ha⁻¹).

O não atendimento da demanda devido as limitações impostas por baixos teores principalmente de N e P resultam em baixas produtividades do feijoeiro (CHEKANAI; CHIKOWO; VANLAUWE, 2018). Por isso, salienta-se da importância do N para a planta, sendo o nutriente exigido em maior quantidade, constituinte de componentes celulares vegetais, como a clorofila, ácidos nucleicos, amidas, aminoácidos, proteínas, nucleotídeos, coenzimas e hexosaminas, logo, a sua deficiência resulta em rápida inibição do crescimento vegetal (TAIZ et al., 2017). Além disso, a associação deste nutriente com o Ca, P e boro (B) na semeadura, estimula o crescimento inicial do sistema radicular (OLIVEIRA et al., 2018).

A disponibilidade de N ao feijoeiro, pode vir da mineralização da matéria orgânica do solo, além da própria fixação biológica, no entanto, entre as leguminosas cultivadas no mundo, o feijoeiro comum tem pouca capacidade de fixar o N atmosférico. Pois, com o desenvolvimento de cultivares de feijão no Brasil no período de 1990 a 2012, através do melhoramento genético, buscou-se aumento de produtividade, sendo empregado o fornecimento de N por meio de fertilizantes nitrogenados, sendo a fixação biológica uma característica de pouco interesse (FERREIRA et al., 2013). Associado a isso, a baixa fixação de N atmosférico pelo feijoeiro, se deve a sensibilidade do gênero aos fatores ambientais, como o estresse hídrico, altas temperaturas de solo, deficiência de P ou micronutrientes, além da acidez e falta de Ca (GILLER, 1990). Conseqüentemente, a aplicação de N no feijoeiro se torna um fator de extrema importância para atender a demanda pela cultura e não comprometer a produtividade, o que torna a utilização de fertilizante nitrogenado fundamental para suprir a demanda total da cultura (RABELO et al., 2017).

A absorção de N pelo feijoeiro ocorre durante todo o ciclo, sendo a sua maior exigência no período do florescimento e enchimento de grãos (MALAVOLTA, 1979). Por isso, o manejo da adubação nitrogenada no feijoeiro deve ser feito com aplicação em parte na semeadura e o restante até a floração, pois este é o período que o feijoeiro requer maior aporte de N para

formação de vagens e grãos, podendo o parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura ser realizado em até três vezes quando viável operacionalmente (POSSE et al., 2010). De acordo com Nogueira et al. (2019), o fornecimento de N em diferentes estádios fenológicos do feijoeiro possibilita incrementos em proteína bruta e produtividade de grãos, sendo estes incrementos provenientes do fornecimento de N em 2 estádios distintos, V3 ou V4, e em R5.

Visto a necessidade do aporte e da grande importância do N para o feijoeiro, esse manejo tem sido apontado como o fator que mais impacta no custo de produção em uma lavoura (RABELO et al., 2017). Além disso, a produção, distribuição e aplicação de fertilizantes nitrogenados envolve mais da metade de toda energia utilizada na agricultura (TAIZ et al., 2017). Porém, segundo os mesmos autores, as culturas utilizam menos da metade dos fertilizantes aplicados, quando se trata do N, devido a complexa dinâmica desse no solo e dos vários caminhos de perda no sistema (lixiviação, volatilização, desnitrificação, etc.).

Devido ao alto custo envolvido na aplicação de uma fonte nitrogenada mineral e ao manejo complexo para minimizar suas perdas, a utilização de resíduos orgânicos como fonte de N se torna uma alternativa para minimizar essas perdas, uma vez que as plantas desempenham esse papel na ciclagem dos nutrientes presentes também nesses resíduos de animais (TAIZ et al., 2017). Logo, o aporte de N para as plantas poderá ser suprido em parte ou na sua totalidade através de fertilizantes nitrogenados e/ou resíduos de animais.

2.3 RESÍDUOS DA PRODUÇÃO ANIMAL: CAMA DE AVES E DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS

A demanda mundial por alimentos é crescente e gera necessidade de aumento de produção. Neste cenário, o Brasil tem se destacado na produção de alimentos, principalmente de origem animal, no entanto, esse aumento na produção animal gera mais resíduos (ANDREAZZI; SANTOS; LAZARETTI, 2015) que precisam ter um destino correto, sendo sua utilização como fertilizante a principal forma de utilização nas propriedades, configurando uma alternativa sustentável aliada a redução de custos (BARROS et al., 2019). Desta forma, é possível utilizar os resíduos provenientes da produção animal como fonte alternativa de N para a cultura do feijoeiro, sendo essa prática fundamental como estratégia da ciclagem de nutrientes dentro das próprias unidades de produção, reduzindo assim, os riscos de contaminação ambiental. Além de fonte de nutrientes, os resíduos contribuem no acúmulo de matéria orgânica do solo, favorecendo a atividade biológica e agregação do solo (NICOLOSO et al., 2016), além de melhorar a infiltração e retenção de água (HOFFMANN et al., 2001).

No RS dois sistemas criatórios se destacam, o de suínos e o de aves. De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2022), no ano de 2021 a produção brasileira de carne de frango atingiu 14,3 milhões de toneladas, onde o RS foi o terceiro estado que mais abateu frango no Brasil, com 13,65% do total abatido, ficando atrás somente do Paraná (35,54%) e de Santa Catarina (14,89%). No mesmo ano, a produção brasileira de carne suína foi de 4,7 milhões de toneladas, sendo o RS, o segundo estado com maior volume de abate de suínos do Brasil, com 20,72% do total abatido, ficando atrás somente de Santa Catarina (31,56%).

No entanto, as características dos resíduos produzidos nesses sistemas diferem dos fertilizantes minerais, principalmente em relação aos teores de nutrientes e sua disponibilidade, sendo muito dependente da origem do resíduo, relacionado ao animal, seu sistema criatório, sua dieta e teor de umidade do material (GATIBONI; NICOLOSO, 2019). A concentração de nutrientes nestes resíduos é geralmente baixa, sendo necessária a aplicação de maiores doses quando comparadas ao uso de adubos minerais para fornecer a mesma quantidade de nutrientes (NICOLOSO et al., 2016), por isso é necessário um rigoroso controle da aplicação destes resíduos, pois é comum ocorrerem aplicações excessivas que podem potencializar problemas ambientais. Por isso, a tomada de decisão quanto a dose desses resíduos a ser aplicada deve levar em conta a análise química do solo e do resíduo, além da exigência de nutrientes pela cultura (CORRÊA; MIELE, 2011).

De forma geral os resíduos de animais possuem muitos nutrientes sob forma de compostos orgânicos, ou seja, estes nutrientes não estão prontamente disponíveis para as plantas necessitando passar por um processo de mineralização para posterior aproveitamento pelas plantas, sendo esse processo dependente da temperatura, pH e disponibilidade de água e oxigênio, logo, as taxas de mineralização variam conforme o resíduo e as características do solo, conseqüentemente, essa disponibilidade dos nutrientes pode levar dias, meses ou até anos (TAIZ et al. 2017).

A CA, é um material utilizado na criação de aves que tem como objetivo, evitar o contato das mesmas com o chão bem como, absorver a umidade dos resíduos incorporados (BRAINER et al., 2022). Esse resíduo gerado é composto pelos excrementos das aves, restos de ração e penas acumulados durante o período de crescimento, tornando-se um material rico em nutrientes (FOGEL et al., 2013).

A criação de frango de corte produz em média quatro toneladas de cama por ano para cada 1.000 aves (KONZEN, 2003), cada cama é utilizada para produção média de seis lotes de frango, e anualmente no Brasil são produzidas 7,8 milhões de toneladas deste resíduo

(LOURENÇO et al., 2013). Conforme NICOLOSO et al. (2016) em uma CA com a criação de cinco e seis lotes podemos encontrar uma concentração de 3,5% de N total, 3,8% de P_2O_5 e 3,0% de K_2O .

De acordo Lourenço et al. (2013), o valor agronômico da CA está diretamente relacionado a sua composição, principalmente dos nutrientes N, P e K. No entanto, conforme os mesmos autores, a composição do resíduo apresenta frações com solubilidades distintas, onde cerca de 90% do N está na forma orgânica e precisa ser mineralizado (ROGERI et al., 2016). Logo, a taxa de mineralização determina a eficiência agronômica do resíduo (NICOLOSO et al., 2016), e está diretamente relacionada com a relação carbono/nitrogênio (C/N) desse resíduo. Essa relação C/N representa a razão entre as quantidades de C e N em um determinado material orgânico, e é o que determina a taxa de decomposição e mineralização dos nutrientes que estão nela contidos, principalmente o N (CONTE et al., 2019). Conforme os mesmos autores, a relação C/N baixa, inferior a 15, representa elevado teor de N no material, logo, rápida decomposição e uma mineralização líquida de N, já em uma relação C/N alta (30 e 60), pode ocorrer uma imobilização temporária e conseqüentemente, a liberação de nutrientes é mais lenta e gradual.

A CA conforme Sims e Wolf (1994) apresenta pH variando de 7,5 a 8,5. A aplicação desse resíduo, dependendo da dose, pode elevar inicialmente o pH no solo e reduzir a disponibilidade de alguns micronutrientes, como manganês (Mn) e zinco (Zn). Já no final de transformação desse resíduo, o pH do solo poderá estar mais ácido devido a nitrificação de N amoniacal ($N-NH_4^+$) podendo potencializar a fitotoxicidade pelo excesso de alumínio (Al) e Mn em alguns solos. O potencial poluidor da CA está diretamente relacionado com a taxa com que o $N-NH_4^+$ é oxidado a nitrato ($N-NO_3^-$) (ROGERI et al., 2015), pois o aumento na disponibilidade de nitrato na solução do solo anterior a demanda da cultura pode favorecer a movimentação vertical deste no perfil de solo, com potencial poluidor das águas.

Quanto ao DLS, é um resíduo proveniente da suinocultura, constituído por fezes, urina, restos de ração e água proveniente da lavagem das instalações, possuindo vários nutrientes que podem ser empregados na nutrição de plantas, como N, P, K, Ca, Mg, enxofre (S), cobre (Cu), Zn e B (MIYAZAWA; BARBOSA, 2015). Conforme Nicoloso et al. (2016), o DLS possui em média, 2,8 kg de N total m^{-3} , 2,4 kg de P_2O_5 m^{-3} e 1,5 kg de K_2O m^{-3} . Na produção de leitões a matriz gera de 35 a 40 litros de dejetos por dia, na terminação a produção diária varia de 12 a 15 litros (KONZEN, 2003), com total de produção de dejetos a nível nacional de aproximadamente 300 milhões de m^3 (FERREIRA, 2014).

A suinocultura é capaz de reciclar 290,3 mil toneladas de N, 205,5 mil toneladas de P_2O_5 e 234,9 mil toneladas de K_2O , isso pois o aproveitamento dos nutrientes pelos animais varia, sendo em torno de 55% para o N e 54% para o K do total oferecido na alimentação (FERREIRA, 2014), grande parte é excretado através das fezes e urina. Esse DLS é depositado nas estruturas de armazenamento, onde passam por ações biológicas resultando na mineralização do N orgânico em amônio, forma essa assimilável pelas plantas (BARROS et al., 2019). Por possuir uma relação C/N baixa, e pela forma de armazenamento, o DLS possui de 50 a 60% do N total já na forma mineral e prontamente disponível as plantas (NICOLOSO et al., 2016), diferente do que ocorre com a CA. No entanto, esse aumento nos teores de N-mineral no solo após aplicação do DLS não está em sincronia com a maior demanda da cultura, até porque, esse resíduo geralmente é aplicado antes da semeadura da cultura comercial e isso tem sido apontado como um fator de preocupação sob o ponto de vista ambiental (BASSO et al., 2005).

Por isso, há um grande desafio na utilização dos resíduos devido ao potencial poluidor dos mesmos, no entanto, seu principal destino é aplicações em áreas de produção agrícola e/ou pastagens como fonte de nutrientes para as culturas. Os resíduos de animais como a CA e o DLS são importantes fontes nitrogenadas para as culturas, no entanto, por vezes se faz necessário a associação com adubação mineral para otimizar o aproveitamento e fornecimento de nutrientes, pois, normalmente a proporção de nutrientes contidos nos resíduos não atende à demanda das plantas (NICOLOSO et al., 2016). Logo, o estudo sobre a eficiência agrônômica dos nutrientes contidos nos resíduos orgânicos se faz necessário para definir o manejo nutricional a ser adotado para as culturas.

Independente da eficiência agrônômica, a aplicação de resíduos por longos períodos resulta em melhoria dos atributos do solo, como melhorias nas propriedades físicas, aumento no teor de matéria orgânica, influenciando no aumento da capacidade de troca de cátions, na disponibilidade e ciclagem de nutrientes e melhorias na infiltração de água (HOFFMANN et al., 2001).

2.4 FAUNA EDÁFICA COMO INDICADOR DE QUALIDADE DO SOLO

O solo é considerado o habitat natural para uma grande diversidade de organismos, denominados de biota do solo, que são responsáveis por variadas funções, principalmente no processo de decomposição e ciclagem de nutrientes (CORREIA; OLIVEIRA, 2000). Esses organismos são classificados quanto ao tempo que vivem no solo, seu habitat preferencial, ao seu hábito alimentar, à forma de locomoção, e podem variar quanto ao tamanho e diâmetro,

conferindo-lhes habilidades na estratégia de alimentação e adaptação ao habitat, podendo estar de forma permanente no solo ou apenas uma ou mais fases de desenvolvimento (AQUINO; CORREIA, 2005).

A classificação dos organismos é dada principalmente pelo tamanho que estes possuem desde alguns micrômetros até milímetros de comprimento (CORREIA; OLIVEIRA, 2000), sendo que a microfauna (4 μm – 100 μm) inclui organismos microscópicos, a mesofauna (100 μm – 2mm) inclui organismos maiores, como os ácaros e colêmbolos, e a macrofauna (2mm – 20 mm) que abrange mais de 20 grupos taxonômicos, entre estes estão as formigas, minhocas, aranhas, percevejos e besouros (BROWN et al., 2015).

A importância destes grupos está relacionada com a sua funcionalidade, logo, a microfauna regula populações de bactérias e fungos, altera a ciclagem de nutrientes e a estrutura do solo através das interações com a microflora (CORREIA; OLIVEIRA, 2000). Conforme os mesmos autores, a mesofauna regula as populações de fungos e a microfauna, altera a ciclagem de nutrientes e fragmenta detritos vegetais, produzindo pelotas fecais, bioporos e promoção da humificação, enquanto os organismos da macrofauna regulam as populações de fungos e da microfauna e estimulam a atividade microbiana, resultando na produção de pelotas fecais, promoção da humificação, mistura de partículas orgânicas e minerais, e redistribuição da matéria orgânica e organismos (CORREIA; OLIVEIRA, 2000).

A diversidade dos organismos no solo consiste em uma variedade de espécies no ecossistema e se reflete na manutenção da estrutura e no funcionamento do ecossistema, pois a alta diversidade permite uma recuperação mais rápida do equilíbrio entre os processos de ciclagem de materiais e fluxo de energia após uma perturbação (AQUINO; CORREIA, 2005).

Os ácaros e colêmbolos, geralmente predominam na fauna do solo, sendo os ácaros mais diversos que os colêmbolos, tendo mais de 1000 espécies conhecidas no país (MELO et al., 2009). Conforme os mesmos autores, os colêmbolos exercem função detritívora, beneficiando a decomposição da matéria orgânica e controle de microrganismos, principalmente fungos. Já os ácaros agem como predadores, controlando principalmente as populações da microbiota. A fragmentação de resíduos vegetais aumenta a área superficial de contato para ataque de microrganismos, resultando em maior taxa de decomposição e de liberação de nutrientes (BROWN et al., 2015).

A diversidade de ácaros e colêmbolos está relacionado ao tipo de solo e as características físicas e químicas (RIEFF et al., 2010), o que permite utilizar estes grupos específicos para avaliar modificações ocorridas no solo através do manejo adotado (SILVA et al., 2014). Conseqüentemente, a análise dos indivíduos da fauna do solo como indicador biológico é uma

das alternativas para monitorar a qualidade do solo, pois esses organismos edáficos possuem capacidade de trazer respostas mais rápidas sobre as mudanças do solo ocorridas no sistema de produção (GEREMIA et al., 2015).

Logo, a qualidade do solo pode ser determinada em parte pelos organismos que estão presentes, e estes são afetados por diversos fatores edáficos (solo, minerais predominantes, temperatura, pH, matéria orgânica e umidade), por fatores vegetais, topográficos e climáticos (MELO et al., 2009). Conseqüentemente, essas rápidas respostas observadas através dos organismos não são por vezes perceptíveis pelos indicadores físicos e químicos (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

Por isso, práticas de manejo adotadas no sistema de produção podem interferir de diversas formas na fauna do solo, refletindo na sua densidade e diversidade, através de impactos diretos como uso de pesticidas, ação mecânica da aração e gradagem, e impactos indiretos relacionados a alteração da estrutura do habitat e de recursos alimentares (CORREIA; OLIVEIRA, 2000). Tais manejos alteram a distribuição da fauna do solo devido as alterações sofridas na disponibilidade de recursos alimentares, alterando as interações intra e interespecíficas (MELO et al., 2009). O manejo de resíduos animais, por exemplo, por um longo período resulta em mudanças nas populações da fauna edáfica (OLIVEIRA FILHO et al., 2018).

Por isso, o conhecimento sobre os grupos presentes em um determinado solo, permite analisar sua qualidade, assim como o próprio sistema de produção, visto que a fauna edáfica está diretamente associada aos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes.

3 ARTIGO I – RESÍDUOS ORGÂNICOS COMO FONTE NITROGENADA: IMPACTO NO DESENVOLVIMENTO DO FEIJOEIRO

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da utilização do dejetos líquido de suínos (DLS) e da cama de aves (CA) como fontes nitrogenadas na cultura do feijoeiro. O trabalho foi desenvolvido na área experimental do Departamento de Ciências Agrônômicas e Ambientais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), *Campus* Frederico Westphalen-RS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com sete tratamentos e sete repetições. Os tratamentos constituíram-se de fontes orgânicas alternativas de nitrogênio (N) para o desenvolvimento do feijão-preto, sendo: T1) Testemunha, sem aplicação de N; T2) 100% do N via CA; T3) 50% do N via CA + 50% do N via mineral; T4) 100% do N via DLS; T5) 50% do N via DLS + 50% do N via mineral; T6) 50% do N via CA + 50% do N via DLS; e, T7) 100% do N via mineral. Foram avaliadas as variáveis de crescimento e produtividade do feijoeiro. Os tratamentos com adição de N apresentaram diferença estatística para as variáveis de crescimento de planta e produtividade, sendo que as variáveis de produtividade não diferiram entre si. A utilização do DLS e CA associados a fonte mineral se mostraram eficientes como estratégia de manejo de N na cultura, com incrementos em produtividade em relação ao manejo mineral e testemunha. A aplicação isolada do DLS ou associada a CA se mostrou eficiente para o aumento na produtividade.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Cama De Aves. Dejetos Líquido De Suínos. Produtividade.

3.1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma importante fonte de proteína e elevado valor energético (PEREIRA et al., 2015) para a alimentação humana, configurando-se como um dos alimentos mais importantes para os brasileiros (MOREIRA et al., 2013). Em 2020 o Brasil foi o quarto maior produtor mundial de feijão, com 4,8% do total produzido (FAOSTAT, 2022), e na última safra 2021/22 produziu 2,98 milhões de toneladas do grão, o que representa um aumento de 3,3% no comparativo ao ano anterior (CONAB, 2022).

A região sul se destaca como principal produtora do grão, com 31% do total produzido. No entanto, as produtividades ainda nesta região são baixas, com uma média de 1.547 kg ha⁻¹ (CONAB, 2022). Conforme Lacerda et al. (2019), a produtividade pode atingir 3.000 kg ha⁻¹, sendo necessário para isso, ajustar o manejo nutricional, devido a exigência da cultura, consequência do ciclo curto e de um sistema radicular superficial e pouco desenvolvido (OLIVEIRA et al., 2018).

Um dos nutrientes mais importantes e que pode impactar fortemente na produtividade do feijoeiro é o nitrogênio (N) (MOREIRA et al., 2013). Logo, um bom suprimento de N é fator

determinante para obtenção de produtividades mais elevadas. Nesse sentido, as principais fontes nitrogenadas para a cultura vêm da decomposição e mineralização da matéria orgânica do solo, aplicação de fertilizantes minerais nitrogenados e da fixação biológica. No entanto, o uso de fertilizantes minerais nitrogenados como a ureia (principal fonte utilizada), eleva o custo de produção de uma lavoura (RABELO et al., 2017).

Neste sentido, a substituição do N de fertilizantes minerais por fontes alternativas como os resíduos da produção animal, pode significar uma redução no custo final de produção, além de que, a utilização desse resíduo nas lavouras é uma forma de se fazer a ciclagem desses nutrientes dentro da mesma unidade onde são produzidos. No ano de 2020, a nível mundial, o Brasil, já possuía o terceiro maior rebanho de suínos, 4,4% do total e 5,6% do total de aves (FAOSTAT, 2022). Um aumento na criação em sistema cada vez mais intensivo, leva a geração de uma grande quantidade de resíduos, e que podem ser utilizados como fertilizantes e condicionadores de solo (LOURENÇO et al., 2013).

O dejetos líquido de suínos (DLS) possui capacidade de substituir parcialmente ou totalmente a adubação mineral, sendo que sua aplicação no feijoeiro poderá aumentar a produtividade de grãos (SARTOR et al., 2012). Por outro lado, a cama de aves (CA) quando utilizada como fertilizante para o feijoeiro, requer suplementação de N mineral para não ocorrer perdas de produtividade (LOURENÇO et al., 2013). Há trabalhos na literatura com o uso destes resíduos que apresentam características distintas quanto a composição e liberação de N (SARTOR et al., 2012; LOURENÇO et al., 2013; LIMA NETO et al., 2018; LOCATELLI et al., 2019), porém são trabalhos realizados de forma isolada e na maioria das vezes testando doses. Logo, pouco se sabe sobre a utilização destes resíduos no desenvolvimento do feijoeiro quando utilizados de forma isolada ou associados.

Devido a importância do N para o feijoeiro e o potencial uso desses resíduos orgânicos como fontes nitrogenadas, como hipótese desse estudo, espera-se substituir parcialmente e/ou totalmente a adubação mineral de N na cultura do feijoeiro com aplicação desses resíduos da produção animal. Neste contexto, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da utilização do DLS e da CA como fontes nitrogenadas na cultura do feijoeiro.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

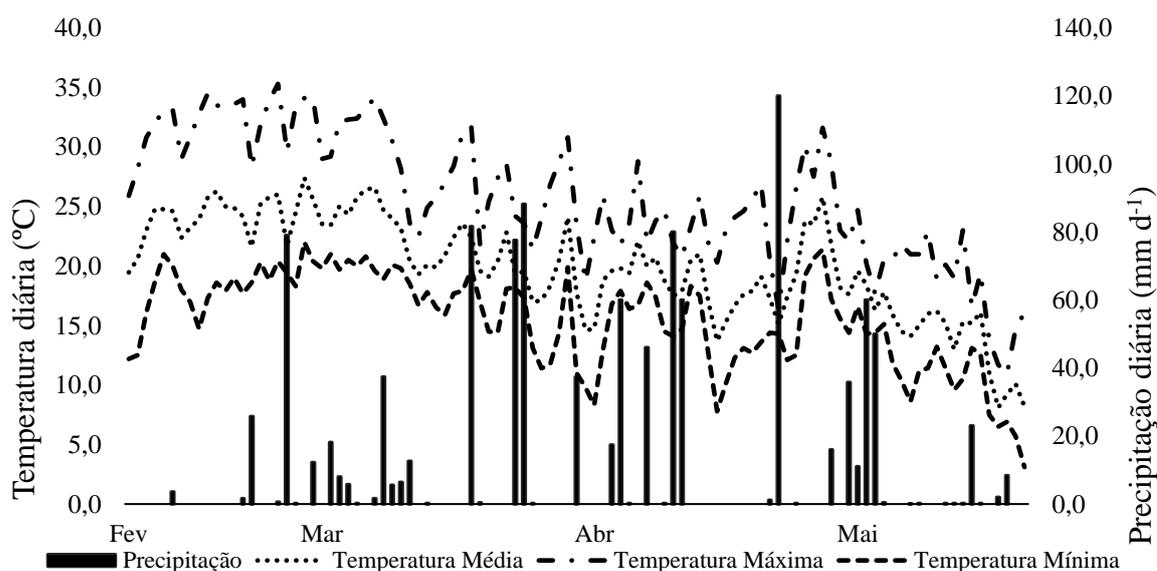
Foi conduzido um experimento na área experimental do Departamento de Ciências Agrônômicas e Ambientais da Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* Frederico Westphalen RS, localizada entre 27°23'51" de Latitude Sul e 53°25'36" de Longitude Oeste, e

altitude de 484 m. Conforme a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, ou seja, subtropical úmido, com temperatura média do ar de 19,1°C, máximas em torno de 38°C e mínimas de 0°C, com precipitação média anual de 1881 mm (ALVARES et al., 2013).

O solo da área experimental, caracteriza-se como Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2018), o qual apresentava teor de argila de 770 g dm⁻³; pH (H₂O): 5,6; teor de fósforo (P): 8 mg dm⁻³ (Mehlich⁻¹); teor de potássio (K): 82,5 mg dm⁻³; teor de cálcio (Ca²⁺): 8,8 cmolc dm⁻³; teor de magnésio (Mg²⁺): 4,9 cmolc dm⁻³; e, 37 g dm⁻³ de matéria orgânica.

Os dados de precipitação pluviométrica e de temperatura do ar (mínima, média e máxima) foram coletados durante o período de condução do experimento através da Estação Climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situada a 330 m da área experimental (Figura 1).

Figura 1. Distribuição da precipitação pluviométrica, temperaturas máximas, mínimas e médias diárias correspondentes a duração do experimento. Frederico Westphalen, RS, 2022.



Anteriormente a instalação do experimento a área havia sido cultivada com milho. O experimento foi composto por sete tratamentos dispostos em delineamento experimental de blocos casualizados com sete repetições, sendo que cada unidade experimental continha 5 linhas de semeadura, espaçadas 0,45 m entre si, com quatro metros de comprimento. A área útil da parcela constituiu-se das três linhas centrais, sendo eliminados 0,5 m de cada extremidade (bordadura), totalizando 4,05 m².

A semeadura do feijão foi de forma mecanizada, realizada no dia 07 de fevereiro de 2022, com a cultivar IPR88 Uirapuru, grupo comercial preto de porte ereto, utilizando-se 12 sementes por metro linear. A adubação foi calculada conforme SBCS (2016) para estimativa de produtividade de 2500 kg ha⁻¹, logo, o fornecimento de P foi através de 169 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo distribuídos no sulco de semeadura, e para atender a demanda de K aplicou-se 134 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio a lanço logo após a semeadura. O fornecimento de N foi realizado conforme os respectivos tratamentos.

A adubação nitrogenada constituiu os sete tratamentos dos ensaios, desta forma, além da fonte mineral ureia (45% de N), foram utilizados resíduos orgânicos como fonte parcial ou total de N para a cultura. A CA apresentava em sua composição 3,48% de N; 1,6% de P; 3,6% de K; 1,8% de Ca; 0,79% de Mg e pH de 8,2, e o DLS apresentava na sua composição 3,1 kg de N total m⁻³; 0,4 kg de P₂O₅ m⁻³; 0,4 kg de K₂O m⁻³; 0,3 kg de Ca m⁻³; e 0,3 kg de Mg m⁻³.

Desta forma, os tratamentos constituíram-se do manejo nitrogenado com diferentes fontes do nutriente, e foram da seguinte forma definidos: T1) Testemunha, sem aplicação de N; T2) 100% do N via CA; T3) 50% do N via CA e 50% do N via mineral; T4) 100% do N via DLS; T5) 50% do N via DLS e 50% do N via mineral; T6) 50% do N via CA e 50% do N via DLS; e, T7) 100% do N via mineral.

Para os tratamentos com resíduos orgânicos a aplicação dos mesmos ocorreu logo após a semeadura, já para os tratamentos com fonte mineral houve o parcelamento da mesma, sendo 20 kg ha⁻¹ de N aplicado logo após a semeadura sobre a linha de semeadura e o restante em cobertura e a lanço no estádio V4. Para os tratamentos que receberam adubação orgânica e mineral foi realizada a aplicação do resíduo logo após a semeadura e na sequência aplicou-se 20 kg ha⁻¹ de N, e o restante do mineral em cobertura e a lanço no estádio V4. As doses foram extrapoladas conforme a necessidade da cultura e o teor de N da fonte utilizada, logo, ficaram da seguinte forma definidas: 1) Sem aplicação de N; 2) 1.724,1 kg ha⁻¹ de CA; 3) 862,0 kg ha⁻¹ de CA e 66,6 kg ha⁻¹ de ureia; 4) 19.354,8 L ha⁻¹ de DLS; 5) 9.677,4 L ha⁻¹ de DLS e 66,6 kg ha⁻¹ de ureia; 6) 862,0 kg ha⁻¹ de CA e 9.677,4 L ha⁻¹ de DLS; 7) 133,3 kg ha⁻¹ de ureia.

O controle de plantas daninhas, pragas e doenças, foi realizado conforme as recomendações técnicas da cultura (CEPEF, 2000) e todos os procedimentos experimentais foram iguais para todas as unidades experimentais.

No pleno florescimento, aos 51 dias após a emergência (DAE), foi realizada a coleta de 1 metro linear de plantas por unidade experimental para avaliar a massa seca de plantas, sendo estas acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de secagem de ar forçado à 65°C até atingirem massa constante. Após a pesagem as amostras foram moídas em moinho tipo

Wiley, para em seguida determinar o teor de N no tecido segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Por ocasião da colheita, foram coletadas dentro de cada área útil da unidade experimental dez plantas, onde procedeu-se as seguintes avaliações: altura de planta, diâmetro do colmo, número de legumes por planta e número de grãos por planta.

Após a realização das avaliações as dez plantas de cada unidade experimental foram separadas em seus componentes vegetativos (caule, ramos e legumes sem os grãos) e reprodutivos (grãos) para processo de secagem a 60°C em um período de 48 horas. A soma do peso das partes vegetativa e reprodutiva resultou no rendimento biológico (BRAGA; COSTA, 1983). Por conseguinte, o índice de colheita foi calculado através da divisão do peso seco de grãos pelo rendimento biológico, e multiplicando-se por 100 para expressar o resultado em porcentagem.

Os grãos provenientes da estufa de secagem foram moídos em moinho tipo Wiley para em seguida determinar o teor de N no tecido, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). Para determinação da proteína bruta nos grãos utilizou-se o fator de correção de 6,25 para os teores de N nos grãos.

Para avaliação da produtividade final de grãos foi realizada a colheita de duas linhas centrais de três metros de cada unidade experimental, perfazendo uma área de 2,7 m². A colheita realizou-se de forma manual e a trilha de forma mecanizada através de um conjunto estacionário (trator + batedor de cereais). Após a trilha as amostras foram limpas, na sequência, pesadas e o teor de umidade determinado, sendo o peso final corrigido para 13% de umidade e os valores expressos em kg ha⁻¹. Após, se realizou a determinação do peso de mil grãos, por meio de oito amostras de 100 grãos (BRASIL, 2009).

Por fim, a análise estatística foi realizada com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019), os dados foram submetidos a análise de variância. Quando detectada diferença significativa pelo teste F ($p \leq 0,05$), foram efetuadas comparações de médias pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação a avaliação do feijoeiro, houve efeito dos tratamentos com as fontes de N sobre as variáveis: massa seca, teor de N acumulado na parte aérea, teor de proteína no grão, altura de planta, diâmetro do colmo, produtividade final de grãos e índice de colheita. Para o número de legumes por planta e número de grãos por planta não houve diferença significativa

entre os tratamentos onde se utilizou N. Já para o peso de mil grãos não houve diferença entre as fontes utilizadas e a testemunha.

O acúmulo de massa seca na parte aérea (Tabela 1) foi superior no tratamento com aplicação isolada do DLS (2.941,1 kg ha⁻¹), diferindo dos demais tratamentos. Esta variável está diretamente relacionada às condições de crescimento na qual as plantas estão inseridas, pois há influência de fatores bióticos e abióticos, logo, variações na disponibilidade e quantidade de nutrientes se refletem na oscilação do acúmulo de massa seca. De acordo com Locatelli et al. (2019) o DLS possui elevado potencial de liberação de nutrientes, como N e P, logo, a sua aplicação resulta em maior armazenamento de P quando comparado a aplicação de CA (OLIVEIRA et al., 2022). Essa melhor resposta do DLS pode estar associada ao fato que mais de 70% do N (LOCATELLI et al., 2019) e P total do resíduo estão em uma forma prontamente disponível às plantas e que deve após sua aplicação aumentar imediatamente suas concentrações no solo. Aliado a isso, a aplicação do resíduo resulta em acúmulo de P total nas camadas mais superficiais do solo (CERETTA et al., 2010), proporcionando aumento na absorção de P pela planta, refletindo no seu maior crescimento inicial (BARBAZÁN; MALLARINO; SAWYER, 2009) e consequentemente, melhor nutrição refletindo em maior acúmulo de massa seca.

Tabela 1. Médias de massa seca, acúmulo de nitrogênio na parte aérea e teor de proteína no grão da cultura do feijão submetido a adubação com diferentes fontes de nitrogênio.

Fonte de nitrogênio	Massa seca (kg ha)	Acúmulo de nitrogênio na parte aérea (kg ha)	Teor de proteína no grão (%)
CA	2.401,4 c	64,9 c	22,24 a
CA + M	2.603,1 b	68,2 c	21,30 b
DLS	2.941,1 a	77,0 a	22,72 a
DLS + M	2.311,5 c	62,9 c	20,93 b
CA + DLS	2.643,4 b	81,0 a	21,41 b
M	2.451,9 c	72,6 b	22,56 a
T	2.344,1 c	62,8 c	22,35 a
CV (%)	6,85	6,18	4,41

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamentos de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. CV: coeficiente de variação. CA: cama de aves. M: mineral. DLS: dejetos líquidos de suínos. T: testemunha.

Uma menor produção de massa seca foi obtida nos demais tratamentos com aplicação de N e na testemunha que não diferiram estatisticamente entre si. Ao se comparar a produção

de massa seca do tratamento com recomendação do N somente via CA (2.401,4 kg ha⁻¹) e da associação de CA+DLS (2.643,4 kg ha⁻¹), se observa uma melhor resposta do tratamento com a presença do DLS, resposta essa, que possivelmente se deve a uma maior pronta oferta de N e P logo após aplicação destes resíduos. A associação de CA+M apresentou aumento semelhante ao tratamento CA+DLS na produção de massa seca em relação a CA isolada. Conforme trabalho realizado por Lourenço et al. (2013), os fertilizantes minerais possuem liberação mais rápida de N e P para o solo do que a CA, conseqüentemente, proporcionam maior produção de massa seca da parte aérea e de raízes. No tratamento com aplicação do N 100% via mineral, se observa uma menor produção de massa seca no comparativo ao DLS, ou seja, mesmo com o parcelamento do N mineral visando redução de perdas do nutriente, o efeito do DLS em somente uma aplicação foi melhor. Isso pode estar associado a mineralização de parte do N do DLS que está na forma orgânica ao longo do ciclo da cultura (PEREIRA et al., 2015). Diferentemente do DLS, a fonte mineral disponibiliza os nutrientes logo após a aplicação e possui uma dinâmica complexa, podendo ocorrer perdas mais expressivas por lixiviação ou volatilização (SANTOS et al., 2016), conforme os autores, a perda de N na forma gasosa de amônia (N-NH³) pode atingir até 80%, perda essa que resulta em uma menor eficiência de absorção por parte da cultura.

Além da menor produção da massa seca do tratamento 100% mineral em comparação ao tratamento DLS, este mesmo comportamento se observa com relação ao acúmulo de N na parte aérea (Tabela 1). Estes resultados possuem relação com a qualidade do DLS e a disponibilidade do N para as plantas. De acordo com Chantigny et al. (2007) a ocorrência de uma maior absorção de N sob manejo com DLS é proveniente do maior teor de N-inorgânico que está prontamente disponível, além de menor volatilização de N-NH₃ quando comparada a adubação mineral. De acordo com Aita et al. (2006), a aplicação de DLS proporciona aumento no acúmulo de massa seca e dos nutrientes N, P e K em plantas de cobertura. Logo, o aporte de nutrientes além do N proporcionam incrementos na produção de massa seca e acúmulo de N nas plantas de feijoeiro com aplicação somente do DLS.

O tratamento onde se utilizou 100% da recomendação do N via DLS (77,0 kg ha⁻¹), e o tratamento CA+DLS (81,0 kg ha⁻¹) mostraram os maiores acúmulos de N na parte aérea do feijão. O N é um dos principais constituintes do DLS (CERETTA et al., 2003) e a sua disponibilidade está associada a fração amoniacal e o grau de mineralização do N-orgânico, sendo que as formas prontamente disponíveis podem representar mais de 70% do N (LOCATELLI et al., 2019). Esse maior acúmulo de N nos tratamentos onde se usou de forma isolada o DLS, ou esse associado a CA, se deve a dinâmica e a liberação do N desses dois

resíduos após aplicação ao solo, onde se tem um aporte inicial por parte do DLS e posteriormente, durante o ciclo da cultura ocorre a mineralização e disponibilização do N-orgânico presente no DLS e na CA.

No comparativo entre as fontes utilizadas de forma isolada, se observa um maior acúmulo de N na parte aérea do feijão com aplicação do DLS ($77,0 \text{ kg ha}^{-1}$), vindo a seguir o tratamento com adubação mineral ($72,6 \text{ kg ha}^{-1}$), e a CA ($64,9 \text{ kg ha}^{-1}$), todos diferindo entre si. Esse maior acúmulo de N na parte aérea no tratamento com adubação do N 100% na forma mineral e no comparativo a CA também foi observado por Lourenço et al. (2013) ao trabalhar com diferentes tipos de CA. Como a CA não diferiu da testemunha ($62,8 \text{ kg ha}^{-1}$), constata-se que a liberação de N por este resíduo é inicialmente muito baixa, sendo a sua disponibilização a longo prazo (LIMA NETO et al., 2018). Isso nos mostra que a CA como fonte isolada de N não é a melhor estratégia de fornecimento desse N principalmente em culturas de ciclo curto. Ou seja, é um resíduo que deve ser aplicado pensando uma melhoria do sistema, não como uma fonte imediata de nutriente. Uma estratégia com relação a utilização desse resíduo seria antecipar a aplicação com forma de melhorar o aporte de N no solo.

Neste sentido, os nutrientes presentes na composição da CA não são liberados em sua totalidade durante o ciclo de uma cultura, pois o resíduo requer reações de decomposição e mineralização desses nutrientes para que estes sejam disponibilizados (VALADÃO et al., 2011). Consequentemente, os baixos teores de N acumulados no tratamento com CA refletem na menor oferta de N via resíduo da emergência ao pleno florescimento do feijoeiro.

A disponibilidade de N é fator limitante para a qualidade nutricional do feijão (FIDELIS et al., 2019), principalmente quanto ao seu teor proteico. Pois as proteínas são constituídas por aminoácidos que tem em sua composição o N. O teor de proteína bruta no grão (Tabela 1) variou de 20,93 à 22,72%. O maior acúmulo de N na parte aérea no tratamento com aplicação isolada de DLS apresentou o maior teor proteico no grão (22,72%), não diferindo do manejo mineral, testemunha e CA isoladamente. O alto teor proteico na testemunha pode ser proveniente de um efeito de diluição, decorrente de uma menor produção de grãos e maior concentração de proteína. Aliado a isso, oferta de N proveniente da solução do solo e da mineralização da matéria orgânica (SILVA et al., 2020).

O menor teor de proteína encontrado nos tratamentos CA+M, DLS+M e CA+DLS, pode estar associado a ausência ou baixa disponibilidade de N para a cultura no período de maior exportação para os grãos (NOGUEIRA et al., 2019). Ou seja, a disponibilidade de N em estádios mais avançados do desenvolvimento vegetativo, durante a emissão do nono e décimo trifólio incrementa os teores de proteína nos grãos (GOMES JUNIOR et al., 2005), conforme

verificado por Farinelli e Lemos (2010) e Amaral et al. (2016), houve aumento no teor de proteína bruta com aplicação de N em cobertura no estágio V4. E conforme à aumento na dose de N em cobertura há acréscimo no teor de proteína devido a translocação do nutriente para os grãos (FARINELLI et al., 2006). Logo, os tratamentos que apresentaram menor teor proteico possivelmente tiveram menor oferta de N durante o período de maior exportação para os grãos. Em contrapartida, devido a dinâmica de liberação do N pelos resíduos, há possibilidade de maior oferta no período de maior exportação para o grão, resultando em maior teor proteico.

A variável altura de planta (Tabela 2) foi influenciada pelos diferentes tratamentos nitrogenados, sendo as maiores alturas observadas no tratamento com adubação 100% mineral e na associação de CA+DLS. Conforme Salgado et al. (2012) em trabalho realizado com diferentes genótipos de feijão em ambientes com e sem estresse de N, houve maior altura de plantas em manejo com alta dose de N. Isso demonstra que esta variável é responsiva a disponibilidade de N, logo, atribui-se que aos tratamentos empregados houve melhor disponibilidade do nutriente proporcionando o incremento em altura de planta.

Tabela 2. Médias de altura de planta, diâmetro do colmo, número de legumes por planta e número de grãos por planta da cultura do feijão submetido a adubação com diferentes fontes de nitrogênio.

Fonte de nitrogênio	Altura de planta (cm)	Diâmetro do colmo (mm)	Número de legumes por planta	Número de grãos por planta
CA	97,55 b	5,86 b	15,80 a	78,77 a
CA + M	87,82 d	5,90 b	17,45 a	83,68 a
DLS	97,05 b	6,03 b	16,72 a	76,51 a
DLS + M	95,48 b	6,04 b	15,71 a	70,40 a
CA + DLS	103,14 a	5,97 b	17,04 a	77,30 a
M	103,58 a	6,44 a	18,27 a	84,21 a
T	91,72 c	5,83 b	12,87 b	56,42 b
CV (%)	3,6	5,29	10,94	12,47

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamentos de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. CV: coeficiente de variação. CA: cama de aves. M: mineral. DLS: dejetos líquidos de suínos. T: testemunha.

Em contrapartida, a menor altura encontrada na testemunha e na associação de CA+M pode ser atribuído a menor disponibilidade do nutriente proveniente da imobilização do N no solo sob a palhada de milho. Conforme verificado em trabalho realizado por Teixeira et al. (2005), a menor altura do feijoeiro foi obtida sob palhada de gramínea e sem aplicação de N.

Pois o nutriente possui correlação positiva com as taxas fotossintéticas da planta (MURATA; MATSUSHIMA, 1975), desta forma, quanto maior o conteúdo de N foliar, maior a taxa fotossintética, resultando no incremento em altura.

O maior diâmetro do colmo (Tabela 2) foi observado no tratamento com 100% da recomendação de N via mineral (6,44 mm), sendo esse superior aos demais tratamentos que não diferiram estatisticamente entre si. Em estudo realizado por Castoldi et al. (2011), os autores não observaram diferença significativa no diâmetro do colmo do milho adubado com DLS e mineral, havendo uma tendência de menor diâmetro com uso do DLS, podendo ser recorrente da disponibilidade gradual dos nutrientes para a cultura.

O diâmetro do colmo é uma variável responsiva a adubação. Nesse sentido, em um estudo realizado por Guimarães et al. (2020), as plantas com manejo de NPK apresentaram diâmetro superior ao observados na testemunha (sem adubação), podendo a deficiência de N, P e K reduzir em 60,4%, 35,4% e 38%, respectivamente o diâmetro do colmo (SANTIAGO et al. 2018). Não somente o N, mas os nutrientes K e P também afetam os parâmetros vegetativos de crescimento do feijoeiro (LEAL; PRADO, 2008), com efeito sobre o diâmetro do colmo. Este componente representa a capacidade estrutural de uma planta, sendo que quanto maior a estrutura, maior será a capacidade de assimilação fotossintética (LOCATELLI et al., 2019), ou seja, é uma estrutura de armazenamento de fotoassimilados provenientes da fotossíntese e está envolvido diretamente na translocação para enchimento de grãos (MINGOTTE et al., 2014). Neste caso, o N foi o nutriente mais limitante para desenvolvimento do colmo, no entanto, a testemunha (sem adubação nitrogenada), diferiu somente do manejo mineral, não apresentando diferença para os demais tratamentos, isso pode estar associado ao aporte de N proveniente do solo e a decomposição da matéria orgânica.

Para as variáveis número de legumes por planta e número de grãos por planta, não houve diferença significativa entre os tratamentos com adição de N, sendo todos superiores a testemunha (Tabela 2). Isso mostra que independente da fonte nitrogenada, ocorreu um equilíbrio entre fonte e dreno na planta, e que pode resultar em um menor abortamento de órgãos reprodutivos (SOUZA; ANDRADE; MUNIZ, 2003).

Desta forma, plantas com suprimento adequado de N produzem mais flores e resultam em maior número de legumes por planta (PORTES, 1996) com significativo aumento no número de óvulos fertilizados (ARF et al., 2004), e conseqüentemente aumento no número de grãos por planta (CRUSCIOL et al., 2001). Logo, a ausência de aplicações nitrogenadas no tratamento testemunha resultou em menor número de legumes e grãos por planta, em decorrência da deficiência na nutrição mineral potencializando o aborto de flores e legumes

(WHITE e IZQUIERDO, 1991). Por isso a disponibilidade de N independente da fonte nitrogenada utilizada proporcionou aumento nestas variáveis de rendimento.

No entanto, independente das diferenças significativas encontradas para as variáveis de crescimento e rendimento observados anteriormente, o peso de mil grãos (Tabela 3) não diferiu significativamente entre os tratamentos, com média de 227,5 g. A cultivar IPR Uirapuru apresenta média de peso de mil grãos de 246 g. Esse menor peso de mil grãos, pode estar associado ao excesso de chuva com aumento da nebulosidade e redução da radiação solar durante o período de enchimento de grãos (ARF et al., 2004), pois o excesso de chuva nessa fase pode diminuir a aeração do solo, e a nebulosidade, reduzir a produção de fotoassimilados para o enchimento final de grãos. Isso fica evidente quando se observa a Figura 1 com relação aos volumes e a frequência de precipitações nessa fase de desenvolvimento da cultura que ocorre de 60 à 70 dias após a semeadura.

Tabela 3. Médias do peso de mil grãos, produtividade final de grãos e índice de colheita da cultura do feijão submetido a adubação com diferentes fontes de nitrogênio.

Fonte de nitrogênio	Peso de mil grãos (g)	Produtividade final de grãos (kg ha)	Índice de colheita (%)
CA	228,10 a	2.265,0 b	55,09 a
CA + M	226,70 a	2.256,3 b	53,97 b
DLS	228,28 a	2.693,2 a	53,87 b
DLS + M	227,12 a	2.355,6 b	54,19 b
CA + DLS	229,61 a	2.638,4 a	53,88 b
M	228,10 a	2.089,1 c	52,63 b
T	225,02 a	1.794,1 d	56,27 a
CV (%)	3,56	7,49	2,72

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamentos de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. CV: coeficiente de variação. CA: cama de aves. M: mineral. DLS: dejetos líquidos de suínos. T: testemunha.

O total de precipitação durante a condução do experimento foi de 1.097 mm, no período correspondente entre o florescimento e maturação ocorreu um total de 630 mm. De acordo com Oliveira et al. (2018) o ideal para este período está entre 238 mm e o requerimento de água total para todo ciclo vegetativo varia entre 250 e 350 mm. Assim o excesso de precipitação diminui a quantidade de oxigênio no solo, interferindo na absorção de água e nutrientes (LUTHIN, 1967) e redução da translocação de água e fotoassimilados na planta (SALISBURY; ROSS, 1992), resultando em menor translocação para enchimento de grãos.

A ausência de diferença entre os tratamentos também foi encontrada por Mingotte et al. (2014) no feijoeiro cultivado em sucessão a diferentes culturas e doses de N em cobertura, onde os mesmos concluem que o nutriente não apresenta restrições ou efeito sobre a formação e enchimento de grãos. De acordo com Crusciol et al. (2001), esta característica apresenta a menor variação em função das alterações do meio de cultivo, pois em condições adversas como na restrição de N, a planta preferencialmente formará poucos grãos ao invés de vários com mal formação, além disso, os autores afirmam que o peso de mil grãos não possui correlação com a produtividade.

Apesar de não haver diferença no peso de mil grãos, número de legumes e grãos por planta entre os tratamentos com fontes nitrogenadas, estes apresentaram diferença significativa na produtividade final de grãos (Tabela 3). Na testemunha se observou a menor produtividade ($1.794,1 \text{ kg ha}^{-1}$), diferindo dos demais tratamentos. As maiores produtividades foram observadas nos tratamentos com aplicação de 100% da recomendação de N via DLS ($2.693,2 \text{ kg ha}^{-1}$), e no tratamento com CA + DLS ($2.638,4 \text{ kg ha}^{-1}$), sendo esses incrementos de 50,1 e 47,1%, respectivamente em relação a testemunha. Já no tratamento com 100% da recomendação de N aplicado via fonte mineral o incremento foi de apenas 16,4% em relação a testemunha.

No comparativo à adubação 100% mineral, a utilização do DLS como única fonte de N incrementou em 28,9% a produtividade de grãos. Trabalhando com DLS, Sartor et al. (2012), também observaram incremento de produtividade em um experimento conduzido por seis anos nas culturas do milho, feijão, soja e trigo. Para esses autores, isto se deve ao fato que logo após aplicação do DLS ocorre um aumento no teor de N mineral no solo, já que cerca de 70% do N total está na forma mineral (LOCATELLI et al., 2019), e este possui efeito imediato sobre o crescimento das plantas (CERETTA et al., 2003), o que pode explicar a maior produtividade encontrada.

A outra parte do N do DLS que está na forma orgânica ao passar pelo processo de mineralização, propicia uma liberação lenta e gradual durante o ciclo da cultura com menores perdas do nutriente no sistema quando comparada as adubações minerais concentradas em duas aplicações, pois o N via fertilizantes está sujeito a perda por volatilização e lixiviação.

A maior produtividade observada na associação do DLS+CA pode estar associada a dinâmica de liberação do N desses resíduos ao longo do ciclo do feijão, sendo uma liberação mais rápida através do DLS, e em contrapartida, liberação mais lenta e gradual pela CA, não estando prontamente disponível em um curto espaço de tempo (LOURENÇO et al., 2013), logo, a sua associação com o DLS permite uma disponibilidade maior do nutriente ao longo do ciclo

da cultura, proporcionando incremento em produtividade, pois a disponibilidade nutricional está relacionada com o maior transporte de fotoassimilados para os grãos (FERREIRA et al., 2001).

Além disso, a aplicação de CA proporciona um aumento de radicais orgânicos no solo, estes se ligam aos nutrientes e evitam que sejam lixiviados, melhorando a eficiência dos fertilizantes minerais (CARVALHO et al., 2011), logo, este efeito pode ter ocorrido na associação de CA+DLS proporcionando melhoria na eficiência do uso do DLS, com redução nas perdas do N. Além disso, se observa que há melhoria na eficiência do uso de fertilizantes minerais quando associado a CA, com aumento de 8% em produtividade quando comparado somente a adubação mineral.

Observa-se que houve efeito das fontes nitrogenadas sobre as variáveis relacionadas ao crescimento de planta e produtividade final de grãos, enquanto isto não foi verificado para os componentes de produtividade. Conforme trabalho de Locatelli et al. (2019) com utilização de DLS associado a diferentes combinações de adubação mineral, houve maior correlação da produtividade de grãos com as variáveis relacionadas ao crescimento de planta, e que atribuem as condições de clima amenas e solos com boa fertilidade.

O índice de colheita (Tabela 3) está relacionado à eficiência no transporte de fotoassimilados para o grão, logo, um maior índice indica uma maior eficiência de conversão de fotoassimilados em material de importância econômica (DURÃES; MAGALHÃES; OLIVEIRA, 2002). Nesse sentido, os tratamentos que apresentaram estatisticamente a maior eficiência foram a testemunha (56,27%) e a CA (55,09%). Esses percentuais para cada um desses tratamentos, demonstra o quanto da matéria seca total da planta está atrelada ao peso de grãos.

Conforme trabalho realizado por Araújo e Teixeira (2012), o maior rendimento de grãos pode resultar em maior índice de colheita, no entanto, nem sempre isso ocorre e isso ficou evidente neste trabalho, onde se observa que os tratamentos que apresentaram os maiores índices de colheita não estão associados a maior produtividade final de grãos. Apesar de haver diferença significativa para o índice de colheita, este foi relativamente alto para os demais tratamentos (CA+M; DLS; DLS+M; CA+DLS; M), com média de 53,70%.

Para os tratamentos com menor índice de colheita e maior produtividade, o resultado pode estar associado ao estabelecimento de um sistema radicular mais profundo e contínua absorção de N e P durante o enchimento de grãos do feijoeiro (ARAÚJO; TEIXEIRA, 2008), já que altas produtividades do feijoeiro estão associadas a maior concentração de N e P nos grãos com baixa correlação ao índice de colheita (ARAÚJO; TEIXEIRA, 2003).

3.4 CONCLUSÃO

A utilização da CA e do DLS associado a fonte mineral se mostrou eficiente como estratégia de manejo de N na cultura do feijoeiro.

A aplicação isolada de DLS ou associada a CA se mostrou eficiente para o aumento na produtividade em comparação ao demais tratamentos nitrogenados.

REFERÊNCIAS

- AITA, C. et al. Dinâmica do nitrogênio no solo e produção de fitomassa por plantas de cobertura no outono/inverno com o uso de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 901-910, 2006.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMARAL, C. B. D. et al. Produtividade e qualidade do feijoeiro cultivado sobre palhadas de gramíneas e adubado com nitrogênio em plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1602-1609, set. 2016.
- ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G. Nitrogen and phosphorus Harvest indices of common bean cultivars: Implications for yield quantity and quality. **Plant and Soil**, v. 257, p. 425-433, 2003.
- ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G. Relationships between grain yield and accumulation of biomass, nitrogen and phosphorus in common bean cultivars. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p. 1977-1986, 2008.
- ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G. Variabilidade dos índices de colheita de nutrientes em genótipos de feijoeiro e sua relação com a produção de grãos. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 36, p. 137-146, 2012.
- ARF, O. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 2, p. 131-138, fev. 2004.
- BARBAZÁN, M. M.; MALLARINO, A. P.; SAWYER, J. E. Liquid Swine Manure Phosphorus Utilization for Corn and Soybean Production. **Soil Science Society of America Journal**, v. 73, n. 2, p. 655-662. mar. 2009.
- BRAGA, N. R.; COSTA, J. A. Avaliação de dez cultivares de soja pelo índice de colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 18, n. 3, 1983.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 399 p. 2009.

- CARVALHO, E. R. et al. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agronômicas da soja e nutrientes do solo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 930-939, out./dez. 2011.
- CASTOLDI, G. et al. Sistemas de cultivo e uso de diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 1, p.139-146. 2011.
- CERETTA, C. A. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesq. agrop. bras.**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 729-735, jun. 2003.
- CERETTA, C. A. et al. Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 45, n. 6, p. 593-602, jun. 2010.
- CHANTIGNY, M. H. et al. Gaseous Nitrogen Emissions and Forage Nitrogen Uptake on Soils Fertilized with Raw and Treated Swine Manure. **Journal of Environmental Quality**, v. 36, p. 1864-1872, 2007.
- COMISSÃO ESTADUAL DE PESQUISA DE FEIJÃO (CEPEF). **Recomendações técnicas para o cultivo de feijão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: PALLOTTI, 2000. 80 p.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Feijão Total (1ª, 2ª e 3ª Safras) – Brasil - Série histórica**. Disponível em:< <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/905-feijao>>. Acesso em: 06 out. 2022.
- CRUSCIOL, C. A. C. et al. Adubação nitrogenada de semeadura e de cobertura sobre a produtividade do feijoeiro. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 10, n. 1, p. 119-133, 2001.
- DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRA, A. C. D. Índice de colheita genético e as possibilidades da genética fisiológica para melhoramento do rendimento de milho. **Rev. Bras. de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 1, p. 33-40, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 4. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- FAOSTAT. **Crops and livestock products**. Disponível em:< <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>. Acesso em: 06 out. 2022.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade, eficiência agronômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 165-172, 2010.
- FARINELLI, R. et al. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro, em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 307-312, 2006.
- FERREIRA, A. C. D. B. et al. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p. 131-138, jan./mar. 2001.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535. 2019.

FIDELIS, R. R. et al. Determinação do teor de proteína em genótipos de feijão comum cultivados em diferentes níveis de nitrogênio. **Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 15, n. 1, jan./abr. 2019.

GOMES JUNIOR, F. G. Teor de proteína em grãos de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 455-459, 2005.

GUIMARÃES, D. G. et al. Desempenho da cultivar de feijão-caupi BRS novaera sob níveis de irrigação e adubação em ambiente protegido. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.29, n. 1, p. 61-75, 2020.

LACERDA, M. C.; NASCENTE, A. S.; PEREIRA, E. T. L. Adubação nitrogenada afeta a produtividade e a qualidade comercial de grãos do feijoeiro em sistema plantio direto. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 42, n. 2, p. 369-378, 2019.

LEAL, R. M.; PRADO, R. D. M. Desordens nutricionais no feijoeiro por deficiência de macronutrientes, boro e zinco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 4, p. 301-306, out.-dez. 2008.

LIMA NETO, P. M. D. et al. Cama de aves associada a adubação nitrogenada no cultivo do milho. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 3, p. 39-50, jul./set. 2018.

LOCATELLI, J. L. et al. Uso de dejetos líquidos de suínos permite reduzir a adubação mineral na cultura do milho?. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 628-637, 2019.

LOURENÇO, K. S. et al. Crescimento e absorção de nutrientes pelo feijoeiro adubado com cama de aves e fertilizantes minerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 462-471, 2013.

LUTHIN, J. N. **Drenaje de tierras agrícolas, teoría y aplicaciones**. México: Limusa Wiley, 1967. 685 p.

MINGOTTE, F. L. C. et al. Sistemas de cultivo antecessores e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro em plantio direto. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 696-706, oct. 2014.

MOREIRA, G. B. L.; et al. Desempenho agrônômico do feijoeiro com doses de nitrogênio em semeadura e cobertura. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 17, n. 8, 9. 818-823, 2013.

MURATA, Y.; MATSUSHIMA, S. Rice. In: EVANS, L.T. **Crop physiology, some cases stories**. Cambridge, University Press, p. 73-99. 1975.

NOGUEIRA, G. P. et al. Cobertura nitrogenada em diferentes estádios fenológicos do feijoeiro comum altera produtividade e qualidade de grãos. **Nativa, Sinop**, v. 7, p. 636-641, nov./dez. 2019.

OLIVEIRA, J. F. et al. Changes in carbon and phosphorus storages and humic substances in a Ferralsol, after tillage and animal manures applications. **Soil & Tillage Research**, v. 220, 2022.

OLIVEIRA, L. F. C. de. et al. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Embrapa, Brasília, DF, 2018. 59 p.

PEREIRA, L. B. et al. Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema de produção orgânico. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 29-38, jan./mar. 2015.

PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R.S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, p. 101-131, 1996.

RABELO, A. C. R. et al. Adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 15, n. 1, p. 825-841, jan.-jul. 2017.

SALGADO, F. H. M. et al. Efeito do nitrogênio em feijão cultivado em terras altas no sul do estado de Tocantins. **Ambiência- Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 8, n. 1, Jan.-Abr. 2012.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4. ed. California: Wadsworth, 1992. 682 p.

SANTIAGO, F. L. D. A. et al. Plant growth and symptomatology of macronutrient deficiencies in cowpea plants. **Comunicata Scientiae**, v. 9, n. 3, p. 503-508, 2018.

SANTOS, S. M. C. D. et al. Perdas de amônia por volatilização em resposta a adubação nitrogenada do feijoeiro. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 1, p. 16-20, jan./mar. 2016.

SARTOR, L. R. et al. Effect of swine residue rates on corn, common bean, soybean and wheat yield. **Ver. Bras. Ciênc. Solo**, v. 36, n. 2, p. 661-669, apr. 2012.

SILVA, M. S. G. D. et al. Desempenho agrônômico, qualitativo e retorno econômico relativo do feijoeiro sob fontes e doses de nitrogênio. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 29, n. 3, p. 365-378, 2020.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFS-RS/SC. *Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016.

SOUZA, A. B. D.; ANDRADE, M. J. B. D.; MUNIZ, J. A. Altura de planta e componentes do rendimento do feijoeiro em função de população de plantas, adubação e calagem. **Ciênc. agropec.**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1205-1213, nov./dez., 2003.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995, 174p.

TEIXEIRA, C. M. et al. Palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro. **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 27, n. 3, p. 499-505, Jul./Set. 2005.

VALADÃO, C. A. et al. Variação nos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 2073-2082, 2011.

WHITE, J. W.; IZQUIERDO, J. Physiology of yield potential and stress tolerance. In: SCHOONHOVEN, A. V.; VOYSEST, O. **Common beans: research for crop improvement**. Melkshan: CAB International, 1991.

4 ARTIGO II – RESÍDUOS ORGÂNICOS COMO FONTE NITROGENADA: IMPACTO NA FAUNA EDÁFICA

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação isolada ou combinada do dejetos líquido de suínos (DLS) e cama de aves (CA) como fontes nitrogenadas alternativas para o feijoeiro e seu impacto sobre a fauna edáfica. O trabalho foi desenvolvido na área experimental do Departamento de Ciências Agrônômicas e Ambientais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), *Campus* Frederico Westphalen, RS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em arranjo fatorial (3x7), sendo três épocas de avaliação: pré-semeadura (1ª coleta), florescimento pleno (2ª coleta) e pós-colheita (3ª coleta), e sete tratamentos constituídos com diferentes fontes de nitrogênio (N) para o desenvolvimento do feijão-preto: 1) testemunha, sem aplicação de N; 2) 100% via CA; 3) 50% via CA + 50% via mineral; 4) 100% via DLS; 5) 50% via DLS + 50% via mineral; 6) 50% via CA + 50% via DLS; e, 7) 100% via mineral, com quatro repetições. As coletas da fauna edáfica foram realizadas com armadilhas do tipo PROVID. Avaliou-se a frequência relativa dos grupos da fauna edáfica, abundância, população e famílias de colêmbolos, índice de riqueza de Margalef, equitabilidade de Pielou, dominância de Simpson e diversidade de Shannon. A aplicação isolada de DLS resultou na redução da abundância da fauna com efeito mais expressivo sobre o grupo Collembola, representado principalmente pela família Entomobrydae. Os tratamentos com CA proporcionaram aumento na abundância de organismos. O uso combinado de CA+DLS resultou em maior diversidade e equitabilidade dos organismos da fauna edáfica.

Palavras-chave: Cama De Aves. Dejetos Líquido De Suínos. Collembola. Entomobrydae.

4.1 INTRODUÇÃO

Para que o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) atinja altas produtividades é necessário o uso de adubação, sendo o nitrogênio (N), um dos nutrientes mais importantes para o crescimento vegetativo. Desse modo, as baixas produtividades do feijoeiro podem ser incrementadas com o manejo correto da adubação nitrogenada (FAGERIA; CARVALHO; OLIVEIRA, 2014), porém, o alto custo das fontes minerais de N encarecem o custo de produção, o que estimula o uso de fontes alternativas para a adubação nitrogenada.

Uma das possibilidades é aplicação de resíduos orgânicos de animais como fonte de nutrientes para as culturas. No Rio Grande do Sul (RS) se destaca a criação de aves e suínos, onde a suinocultura representa 17,5% do total do rebanho de suínos do país (ABCS, 2021), e apresenta 13,65% do total de aves abatidas no país (ABPA, 2022), conseqüentemente, grande quantidade de resíduos são produzidos nessas unidades de produção. Nesse sentido, o valor agrônômico da cama de aves (CA) é proveniente da maior concentração de N, fósforo (P) e potássio (K) (LOURENÇO et al., 2013), sendo o N o principal nutriente, estando 90% na forma

orgânica (ROGERI et al., 2016). Em contrapartida, o principal nutriente do dejetos líquido de suínos (DLS) é o N, onde cerca de 50% do N se encontra já na forma mineral, prontamente disponível para as plantas (PINTO et al., 2014).

A aplicação destes resíduos no solo resulta na oferta de nutrientes e de matéria orgânica que beneficia a atividade biológica (NICOLOSO et al., 2016). A biologia do solo está relacionada aos organismos presentes no sistema, responsáveis pela manutenção dos solos através da redistribuição de nutrientes e de matéria orgânica, atuando diretamente no equilíbrio do ecossistema (VIANA et al., 2022). Logo, a aplicação de resíduos orgânicos aumenta a disponibilidade de alimento para a fauna edáfica, com consequentemente aumento na densidade de organismos no solo (SILVA et al., 2016).

A fauna edáfica é sensível e reage as mudanças induzidas ao solo e a cobertura vegetal (MELO et al., 2009). As práticas de manejo de solo podem alterar de forma negativa ou positiva a diversidade e abundância da fauna edáfica (VIANA et al., 2022), assim como a presença ou ausência de espécies refletem as condições de um solo, seu nível de equilíbrio ou perturbação (BARETTA et al., 2011). Estas são algumas das características que permitem o uso dos organismos edáficos como bioindicadores de qualidade do solo. No que se refere aos efeitos da cultura do feijoeiro, conforme Quadros et al. (2009), a diversidade e dominância dos grupos da fauna edáfica associada a essa cultura está mais relacionada ao sistema de cultivo do feijoeiro.

Devido a sensibilidade dos organismos edáficos ao manejo adotado em sistemas de produção, é possível utilizá-los com indicadores biológicos da qualidade do solo. Contudo, é importante também avaliar se a aplicação isolada e associada de DLS e CA influencia na abundância e diversidade da fauna edáfica, e principalmente sobre a comunidade de colêmbolos. Neste contexto, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência da aplicação isolada ou combinada do DLS e CA como fontes nitrogenadas alternativas para o feijoeiro e seu impacto sobre a fauna edáfica.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

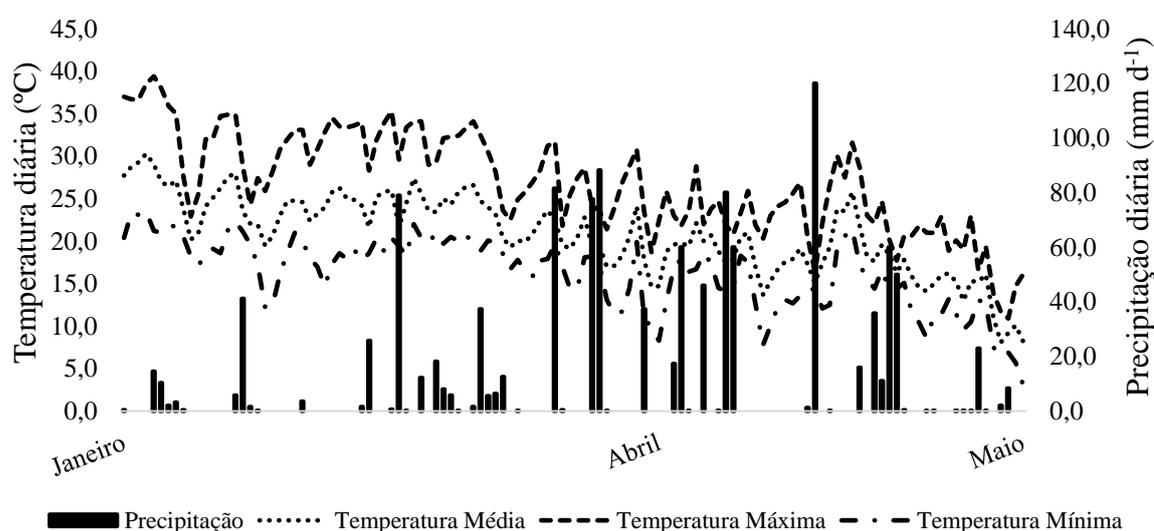
O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Ciências Agrônômicas e Ambientais da Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* Frederico Westphalen RS, localizada entre 27°23'51" de Latitude Sul e 53°25'36" de Longitude Oeste, e altitude de 484 m. Conforme a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, ou seja, subtropical úmido, com temperatura média do ar de 19,1°C, máximas em torno de 38°C e mínimas de 0°C, com precipitação média anual de 1881 mm (ALVARES et al., 2013).

O solo da área experimental caracteriza-se como Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2018), o qual apresentava as seguintes características na implantação do experimento: teor de argila: 77%; pH (H₂O): 5,6; teor de P: 8 mg dm⁻³ (Mehlich⁻¹); K: 82,5 mg dm⁻³; cálcio (Ca²⁺): 8,8 cmolc dm⁻³; magnésio (Mg²⁺): 4,9 cmolc dm⁻³; e, 3,7% de matéria orgânica.

Os dados de precipitação pluviométrica e de temperatura do ar (mínima, média e máxima), expressos na Figura 1, foram coletados durante o período de condução do experimento através da Estação Climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que está situada a 330 m da área experimental. Durante a 1^a coleta houve a precipitação de 0,4 mm, na 2^a coleta 32,2 mm e na 3^a coleta 0,4 mm.

Esse estudo foi conduzido durante o ciclo do feijoeiro, instalado após a colheita da cultura do milho, em fase inicial de implantação do Sistema Plantio Direto (SPD). Cada unidade experimental continha 5 linhas de semeadura, espaçadas 0,45 m entre si, com 4m de comprimento, tendo 4,05 m² como área útil de cada parcela, que se constituiu das três linhas centrais, com a eliminação de 0,5 m de cada extremidade (bordadura).

Figura 1. Distribuição da precipitação pluviométrica, temperaturas máximas, mínimas e médias diárias correspondentes a duração do experimento. Frederico Westphalen, RS, 2022.



A semeadura do experimento foi de forma mecanizada, realizada no dia 07 de fevereiro de 2022, com a cultivar de feijão IPR88 Uirapuru, grupo comercial preto de porte ereto, utilizando-se 12 sementes por metro linear. A adubação foi calculada conforme SBCS (2016)

para estimativa de produtividade de 2.500 kg ha⁻¹. O fornecimento de P foi através de 169 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo distribuídos no sulco de semeadura e, para atender a demanda de K aplicou-se 134 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio a lanço logo após a semeadura. O fornecimento de N foi realizado conforme os respectivos tratamentos, constituídos de adubação mineral, CA e DLS, sendo a ureia a fonte mineral inorgânica utilizada com teor de 45% de N. A CA apresentava: 3,48% de N; 1,6% de P; 3,6% de K; 1,8% de Ca; 0,79% de Mg, 27,5% de carbono orgânico e pH de 8,2, e o DLS apresentava a seguinte composição em base úmida: 3,1 kg de N total m⁻³, 0,4 kg de P₂O₅ m⁻³, 0,4 kg de K₂O m⁻³, 0,3 kg de Ca m⁻³, 0,3 kg de Mg m⁻³, 16,8% de carbono orgânico e pH de 8,6.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em arranjo fatorial (3x7), sendo três épocas de avaliação, sete tratamentos constituídos com diferentes fontes de nitrogênio (N) para o desenvolvimento do feijão-preto: 1) testemunha, sem aplicação de N; 2) 100% via CA; 3) 50% via CA + 50% via mineral; 4) 100% via DLS; 5) 50% via DLS + 50% via mineral; 6) 50% via CA + 50% via DLS; e, 7) 100% via mineral, com quatro repetições. O levantamento da fauna edáfica foi realizado no centro da área útil em todas as parcelas durante o período de cinco dias, sendo utilizadas armadilhas do tipo PROVID (ANTONIOLLI et al., 2006) contendo em seu interior 200 ml de álcool 70%, instaladas nas seguintes datas: 19 de janeiro de 2022 (pré-semeadura), 01 de abril de 2022 (florescimento) e 20 de maio de 2022 (pós-colheita), definidas respectivamente por 1^a, 2^a e 3^a coleta.

Os tratamentos com resíduos orgânicos foram aplicados a lanço imediatamente após a semeadura, sendo empregado o uso de regadores para distribuição do DLS na parcela. O tratamento com fonte mineral foi parcelado, sendo 20 kg ha⁻¹ de N aplicado na mesma data da semeadura e o restante em cobertura no estádio V4. As doses foram extrapoladas conforme a necessidade da cultura e o teor de N da fonte utilizada, resultando no equivalente as seguintes aplicações por ha: 1) Sem aplicação de N; 2) 1.724,1 kg de CA; 3) 862,0 kg de CA e 66,6 kg de ureia; 4) 19.354,8 L de DLS; 5) 9.677,4 L de DLS e 66,6 kg de ureia; 6) 862,0 kg de CA e 9.677,4 L de DLS; e 7) 133,3 kg de ureia.

O controle de plantas daninhas, pragas e doenças, foi realizado conforme as recomendações técnicas da cultura e todos os procedimentos experimentais foram iguais para todas as unidades experimentais. As aplicações de inseticida foram realizadas nos dias 11 e 27 de fevereiro, e 10 e 20 de março, sendo somente a segunda aplicação com o ingrediente ativo imidacloprido e as demais com acefato. Realizou-se a colheita em 19 de maio de 2022.

Os indivíduos coletados nas armadilhas foram identificados quanto a sua ordem ou classe, com auxílio de uma lupa binocular, com aumento de 40 vezes (COLEMAN;

GROSSLEY, 1995). Os colêmbolos foram separados e identificados a nível de família (COLEMAN; GROSSLEY, 1995).

A partir da identificação e contagem dos organismos edáficos, foram calculados os seguintes índices de biodiversidade:

1. Índice de riqueza de Margalef: $I = [(n-1)]/\ln N$

Em que I é a diversidade, n é o número de grupos presentes e N é o total de indivíduos encontrados na amostra.

2. Diversidade de Shannon (H): $H = -\sum(\pi_i \cdot \log \pi_i)$

Sendo que $\pi_i = n_i/N$, em que n_i é a densidade de cada grupo, e N é o total de indivíduos encontrados na amostra.

3. Equitabilidade de Pielou (e): $e = H/\log S$

Em que S é o número de grupos presentes na amostra.

4. Dominância de Simpson (I_s): $I_s = \sum(n_i/N)^2$

Em que n_i é a densidade de cada grupo e N é o total de indivíduos encontrados na amostra.

A abundância foi indicada pelo número de indivíduos coletados por armadilha, e a riqueza da fauna indicada pelo número de grupos identificados por armadilha.

Por fim, os índices de biodiversidade e a frequência relativa de organismos foram avaliados por meio do teste F ($p \leq 0,05$), com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019) e quando detectada diferença significativa foram efetuadas comparações de médias pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As três épocas de amostragem de organismos edáficos evidenciaram a presença de 12 grupos de organismos do filo Arthropoda, sendo que os mais representativos foram da ordem Collembola, Hymenoptera, Coleoptera, Acarina e Diptera, enquanto os as ordens Araneae, Orthoptera, Isoptera, Lepidoptera, Dermaptera, Hemiptera e Isopoda apresentaram baixa frequência relativa, totalizando-se 2.078 organismos coletados (Tabela 1). Na 1ª coleta as ordens com maior frequência relativa foram Hymenoptera (35,18%), Collembola (23,86%) e Orthoptera (14,86%). Resultados semelhantes foram observados por Castaldelli et al. (2015) em coleta realizada na cultura do milho, com maior número de indivíduos dos grupos Collembola e Hymenoptera, representando respectivamente, a primeira e segunda maior abundância.

Tabela 1. Número de indivíduos, abundância, riqueza da fauna, frequência relativa total e identificação dos grupos (classe/ordem) coletados em três épocas distintas sob o manejo de diferentes fontes nitrogenadas aplicados na cultura do feijoeiro. UFSM, Frederico Westphalen, 2022.

----- Manejo nitrogenado -----								Abundância média	Frequência relativa total
Classe/Ordem	T sem N	CA	CA+M	DLS	DLS+M	CA+DLS	M		
----- Número de indivíduos -----									
----- Pré-semeadura -----									
Acarina	5,5 Bd	4,5 Ad	12,0 Ab	6,5 Bc	7,5 Bc	7,0 Bd	5,5 Bc	48,5	6,90%
Araneae	2,0 Ad	4,0 Ad	4,5 Ac	2,7 Ac	2,2 Ad	3,0 Ae	3,0 Ac	21,4	3,05%
Colembolla	36,0 Bb	23,5 Cb	16,2 Cb	46,5 Aa	8,1 Dc	20,2 Cb	17,2 Cb	167,7	23,86%
Coleoptera	17,2 Ac	5,2 Bd	6,0 Bc	15,5 Ab	10,2 Bc	15,2 Ac	5,5 Bc	74,8	10,64%
Diptera	3,7 Bd	4,7 Bd	4,7 Bc	4,0 Bc	10,2 Ac	5,7 Bd	5,7 Bc	38,7	5,51%
Hymenoptera	55,5 Aa	31,0 Ca	29,5 Ca	41,5 Ba	26,2 Ca	25,5 Ca	38,0 Ba	247,2	35,18%
Orthoptera	20,75 Ac	14,0 Ac	12,0 Ab	14,5 Ab	16,2 Ab	17,0 Ac	10,0 Ac	104,45	14,86%
Abundância média	140,65 A	86,9 B	84,9 B	131,2 A	80,6 B	93,6 B	84,9 B	702,75	
Riqueza da fauna	7	7	7	7	7	7	7	7	
----- Florescimento pleno -----									
Acarina	33,0 Aa	23,2 Ab	22,0 Ab	24,2 Aa	28,5 Ab	30,5 Ab	18,5 Ab	179,9	19,37%
Araneae	4,0 Ab	3,0 Ad	1,5 Be	1,7 Bb	3,5 Ac	2,0 Bc	2,2 Bc	17,9	1,93%
Colembolla	53,0 Ba	65,0 Ba	129,2 Aa	31,2 Ba	55,2 Ba	82,5 Ba	31,5 Ba	447,6	48,20%
Coleoptera	11,0 Bb	7,0 Bd	8,5 Bd	7,0 Bb	3,7 Cc	26,5 Ab	6,0 Bc	69,7	7,51%
Dermaptera	0,0 Ab	0,0 Ad	0,0 Ae	0,0 Ab	1,0 Ac	0,0 Ac	0,0 Ac	1	0,11%
Diptera	13,0 Ab	6,2 Cd	12,0 Ac	5,0 Cb	8,7 Bc	7,5 Bc	8,5 Bc	60,9	6,56%
Hymenoptera	7,5 Bb	15,5 Bc	13,2 Bc	28,0 Aa	7,5 Cc	22,5 Ab	23,0 Ab	117,2	12,62%
Outros*	7,0 Ab	3,2 Cd	7,2 Ad	4,0 Bb	4,0 Bc	7,0 Ac	2,0 Dc	34,4	3,70%
Abundância média	128,5 B	123,1 B	193,6 A	101,1 B	112,1 B	178,5 A	91,7 B	928,6	
Riqueza da fauna	8	8	8	9	8	8	8	9	
----- Pós-colheita -----									
Acarina	10,0 Bb	25,0 Aa	19,2 Aa	16,5 Aa	15,5 Aa	17,5 Aa	10,5 Bc	114,2	25,5%
Araneae	4,0 Ac	2,5 Be	3,7 Ab	1,5 Bc	1,5 Bd	2,5 Bc	2,2 Bd	17,9	4,0%
Colembolla	4,5 Bc	6,0 Ad	4,5 Bb	3,0 Bc	8,0 Ac	7,5 Ab	4,7 Bd	38,2	8,5%
Coleoptera	11,5 Ab	11,2 Ac	6,0 Ab	9,0 Ac	11,2 Ab	13,7 Aa	12,0 Ac	74,6	16,7%
Diptera	20,0 Aa	17,5 Ab	16,2 Aa	12,5 Ab	19,5 Aa	13,7 Aa	16,7 Ab	116,1	25,9%
Hemiptera	1,0 Ac	0,0 Ae	1,0 Ac	0,0 Ac	1,0 Ad	0,0 Ac	0,0 Ad	3	0,7%
Hymenoptera	10,0 Bb	6,0 Cd	6,0 Cb	15,5 Ba	4,5 Cc	7,0 Cb	25,5 Aa	74,5	16,6%
Outros*	0,0 Bc	1,0 Ae	1,0 Ac	2,0 Ac	2,0 Ad	1,0 Ac	2,0 Ad	9	2,0%
Abundância média	61,0 A	69,2 A	57,6 A	60,0 A	63,2 A	62,9 A	73,6 A	447,5	
Riqueza da fauna	7	7	8	9	8	7	9	11	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamentos de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. CA: cama de aves. M: mineral. DLS: dejetos líquidos de suínos. T: testemunha. *Outros: Isoptera, Lepidoptera, Orthoptera e Isopoda.

A maior abundância do grupo Hymenoptera é proveniente do elevado número de formigas (Formicidae), já que, geralmente estes organismos são dominantes em muitos ecossistemas terrestres (MELO et al., 2009), o que pode estar relacionado com a facilidade de locomoção dos indivíduos desta ordem (PARR et al., 2007), assim como uma grande diversidade de espécies, totalizando 14.954 em todo o mundo (CREPALDI et al., 2014) com os mais diferentes hábitos de forrageamento e ocupação espacial (CASTRO; QUEIROZ, 1987),

permitindo se ajustar ao meio na qual estão inseridas proporcionando aumento do nível populacional (WILSON, 1987).

Além disso, Lucero et al. (2020) verificaram que este grupo é mais frequente em culturas de verão, como soja, milho e milho, pois de acordo com Haddad et al. (2012), as temperaturas mais altas podem favorecer o aumento no número de indivíduos de alguns gêneros específicos do grupo. Desta forma, a maior frequência relativa das formigas na 1ª coleta pode ser proveniente principalmente das condições ambientais de temperaturas mais altas que promovem o aumento no número de indivíduos, enquanto na 2ª (12,62%) e 3ª (16,6%) coleta tem-se uma redução na abundância deste grupo, que pode estar relacionada às temperaturas inferiores as da 1ª coleta (Tabela 1).

Na 2ª coleta houve um aumento do número total de organismos em 32,1%, isto ocorreu devido a um aumento na abundância de organismos coletados nos tratamentos, excetuando-se a testemunha e o tratamento com DLS (Tabela 1). De maneira geral, nesta coleta, a ocorrência de precipitação proporcionou maior umidade do solo, e aliado a cobertura vegetal pelo desenvolvimento do feijoeiro, resultou em um microclima com condições adequadas de desenvolvimento aos organismos da fauna edáfica. A maior abundância de organismos em trabalho realizado por Castaldelli et al. (2015) foi no período de maior precipitação, pois a umidade favorece os organismos edáficos.

Diferente do observado na 1ª coleta, nesta 2ª houve maior frequência relativa dos grupos Collembola (48,20%) e Acarina (19,37%). Os colêmbolos e ácaros são considerados indicadores da condição biológica do solo, devido a sua sensibilidade às mudanças ambientais (DAMÉ et al., 1996). Consequentemente, são considerados bioindicadores de distúrbios, assim como da qualidade do solo (BARETTA et al., 2008).

A população de colêmbolos pode ter sido beneficiada pelas condições climáticas adequadas nesta 2ª coleta, através da precipitação e aumento de umidade (CASTALDELLI et al., 2015). Além disso, foram registradas diferenças entre os tratamentos, sendo a população de colêmbolos significativamente maior no tratamento CA+M, bem como em todos os tratamentos em relação a 1ª coleta, com exceção do tratamento DLS (Tabela 1). O efeito do DLS sobre os colêmbolos e na redução da abundância da fauna edáfica também foi verificado por Alves et al. (2018), mostrando que o aumento das doses aplicadas induz a redução de organismos da fauna. Este fator pode estar relacionado a adição excessiva de N na forma amoniacal e de metais pesados, como cobre (Cu) e zinco (Zn) (MACCARI et al., 2016). Conforme Domene, Alcañiz e Andrés (2007) é necessária a estabilidade de resíduos, pois à liberação de metabólicos secundários durante a decomposição, como por exemplo o amônio presente no DLS influencia

na comunidade do grupo Collembola, podendo aumentar a mortalidade e reduzir o número de indivíduos.

A população de ácaros aumentou na 2ª coleta e não apresentou diferença entre os tratamentos (Tabela 1). Esse resultado vai ao encontro com trabalho realizado por Quadros et al. (2009), onde os autores concluem que há maior efeito da vegetação formada pelas culturas do que dos manejos com CA e mineral sobre a população de ácaros. Isso ocorre em razão das culturas apresentarem diferentes produções de matéria seca e, conseqüentemente, dinâmicas distintas de oferta de alimento para os organismos do solo (ALVES et al., 2018). Conforme Almeida et al. (2017), o aumento de ácaros possui relação com a adição de material orgânico, pois isso influencia na alimentação destes indivíduos. Portanto, é possível que a oferta de alimento através de resíduos orgânicos, bem como do resíduo vegetal da cultura do milho e da cultura em desenvolvimento podem ter proporcionado o aumento da população deste grupo na 2ª coleta.

Verifica-se ainda, na 2ª coleta, a maior frequência do grupo Hymenoptera nos tratamentos mineral, DLS e CA+DLS (Tabela 1). Essa maior frequência deste grupo pode ter ocorrido em função do manejo com DLS que pode influenciar negativamente a população de colêmbolos (DOMENE; ALCANIZ; ANDRÉS, 2007), conseqüentemente, a redução de um grupo devido ao manejo adotado pode resultar no domínio de outro grupo (QUADROS et al., 2009), sendo, neste caso, na população do grupo Hymenoptera.

Deste modo, evidencia-se que na 2ª coleta os tratamentos CA, CA+M e CA+DLS resultaram no aumento da abundância da fauna edáfica em relação aos tratamentos mineral, DLS isoladamente e DLS+M. Esses resultados corroboram com os de Geremia et al. (2015), que ao avaliarem CA isoladamente e associada ao manejo mineral encontraram maior abundância da fauna, quando comparada ao manejo mineral. Em contrapartida, a aplicação de DLS altera a comunidade microbiana, afetando diretamente a alimentação de colêmbolos (SEGAT et al., 2019), além de favorecer os grupos Araneae e Coleoptera que se alimentam de outros organismos, como o grupo Collembola (TESSARO et al., 2011), resultando em menor abundância de colêmbolos no tratamento com DLS.

Na 2ª coleta somente os tratamentos testemunha e DLS apresentaram menor abundância em relação a 1ª coleta (Tabela 1). No tratamento com DLS, houve diminuição do grupo Collembola, refletindo-se na menor abundância. Já, o aumento na abundância dos demais tratamentos na 2ª coleta pode ser considerado como conseqüência do acréscimo do número de indivíduos de colêmbolos e ácaros. Neste sentido, verifica-se que a redução do grupo Collembola no tratamento com DLS pode ser recorrente da composição deste resíduo orgânico,

principalmente do efeito tóxico dos metais pesados sobre a reprodução destes organismos (SANTORUFO et al., 2012). Bem como das alterações na comunidade microbiana que afetam diretamente a alimentação de colêmbolos (SEGAT et al., 2019).

Na 3ª coleta houve redução no número total de organismos coletados em 51,8%, pois houve diminuição da abundância média em todos os tratamentos (Tabela 1). Esse resultado pode ser proveniente da redução na oferta de alimento pela redução da cobertura vegetal e da umidade no solo, ou seja, redução de fatores importantes para a manutenção da fauna edáfica no sistema. Os grupos mais expressivos coletados nesta época foram Diptera (25,9%), Acarina (25,5%) e Coleoptera (16,7%). No grupo Diptera, por sua vez, não foi encontrada diferença estatística entre os tratamentos da 3ª coleta. De acordo com Lucero et al. (2020) este grupo se apresenta de forma temporária no solo e não apresenta funcionalidade conhecida, no entanto, foi o grupo mais expressivo coletado e amostrado em todos os tratamentos desta coleta.

Os ácaros apresentaram maior abundância nos tratamentos com adição de resíduo orgânico após 102 dias da aplicação (Tabela 1) em relação aos tratamentos sem aplicação de resíduo orgânico. A decomposição dos resíduos contribui no aumento de ácaros decompositores do solo, devido a oferta de matéria orgânica via resíduos orgânicos permanecer disponível por um período maior no sistema de cultivo (SILVA et al., 2014). Assim como a presença de ácaros no meio possui efeito no controle de outros organismos do solo devido a sua ação como predadores (MELO et al., 2009), podendo ter resultado na diminuição de outros grupos que se apresentavam com maior expressão na 2ª coleta.

De maneira geral, ocorreu um aumento da riqueza da fauna (número de grupos) da 1ª para 2ª coleta, com redução na 3ª coleta, exceto para os tratamentos DLS e DLS+M que se mantiveram estável em relação ao número de grupos coletados (Tabela 1). A adição de resíduos orgânicos pode influenciar a biota do solo através do fornecimento de alimento e modificações na temperatura e cobertura do solo (BARETTA et al., 2003), além disso a adição de DLS promove o aumento temporário da umidade do solo, e este fator contribui para o aumento na riqueza de grupos (SILVA et al., 2012).

Se observa a presença de novos grupos na 2ª e 3ª coleta, no entanto, estes grupos apresentam poucos indivíduos coletados, principalmente Isoptera (cupins) e Isopoda (tatuzinho de jardim). O grupo Isoptera possui relação com alta precipitação (CASTALDELLI et al., 2015), pois são dependentes de umidade no solo devido à baixa capacidade de reter água e pouca quitinização da cutícula (COLLINS, 1969). Desta forma, a presença deste grupo pode estar relacionada com a precipitação ocorrida no período da 2ª coleta.

A sensibilidade dos organismos à oferta de alimentos se reflete sobre a importância não somente dos resíduos orgânicos aplicados, mas também dos resíduos vegetais da cultura antecessora. Neste caso, o milho, possui elevada relação C:N e sua decomposição é lenta, resultando em ambiente favorável para a fauna edáfica (LUCERO et al., 2020). Desta forma, a redução da abundância total de organismos, como observado na 3ª coleta, pode ser resultante da menor oferta de alimento e de um habitat menos favorável para os artrópodes (RODRIGUES et al., 2016), pois as plantas do feijoeiro foram retiradas da área experimental no momento da colheita, resultando em menor acúmulo de resíduo vegetal sobre a superfície do solo na 3ª coleta.

O Índice de Riqueza de Margalef evidenciou diferença somente para os tratamentos na 3ª coleta, sendo que os tratamentos CA+M, CA+DLS e DLS+M apresentaram os maiores índices (Tabela 2). A pesquisa relata que o DLS favorece a atividade biológica no solo e proporciona o aumento na riqueza de Margalef (CHERUBIN et al., 2015), proveniente do surgimento de diferentes grupos da fauna beneficiados pelo desenvolvimento de ambientes mais favoráveis (COSTA et al., 2021).

Neste sentido, o incremento no índice de riqueza na 2ª coleta pode ter sido ocasionado pelo microclima favorável proporcionado pela cobertura vegetal e manutenção da umidade do solo. Conforme Rubert et al. (2021), a época de amostragem possui estímulo sobre a ocorrência de riqueza e uniformidade dos grupos da fauna edáfica, sendo estes positivamente influenciados no estágio reprodutivo da cultura, resultado também evidenciado por este trabalho.

Ao se analisar a 2ª coleta, verifica-se a ocorrência de diferença estatística para o Índice de Equitabilidade de Pielou e Diversidade de Shannon, sendo maior na testemunha e no tratamento com CA+DLS (Tabela 2). A maior diversidade no tratamento CA+DLS também foi verificado por Silva et al. (2019). Conforme Lima et al. (2019), os maiores valores de equitabilidade quando associados com alto índice de diversidade indicam que o manejo proporciona boas condições para o desenvolvimento da fauna edáfica.

Por conseguinte, a maior equitabilidade está relacionada a presença significativa de organismos em quatro principais grupos, Acarina, Colembolla, Coleoptera e Hymenoptera. Em contrapartida, a menor equitabilidade encontrada no tratamento CA+M, é resultante da predominância principal do grupo Colembolla, conseqüentemente, maior dominância de Simpson e menor diversidade de Shannon. No entanto, a maior dominância não deve ser analisada como um fator isolado e negativo. Em trabalho realizado por Silva et al. (2014) também foi verificado uma redução na equitabilidade, em decorrência do aumento do número de colêmbolos. Contudo, a sua presença no sistema de produção reflete na importante função

da ciclagem de nutrientes e na decomposição e controle das populações de fungos e bactérias (SOUZA et al., 2021).

Tabela 2. Índice riqueza de Margalef, Equitabilidade de Pielou, Dominância de Simpson e Diversidade de Shannon da fauna edáfica coletados em três épocas distintas sob o manejo de diferentes fontes nitrogenadas aplicados na cultura do feijoeiro. UFSM, Frederico Westphalen, 2022.

Fonte de nitrogênio	Índice de riqueza de Margalef (I)	Equitabilidade de Pielou (e)	Dominância de Simpson (Is)	Diversidade de Shannon (H)
----- Pré-semeadura -----				
T sem N	2,74 a	0,81 b	0,26 b	0,65 b
CA	3,02 a	0,86 b	0,26 b	0,70 a
CA + M	3,08 a	0,87 b	0,21 c	0,74 a
DLS	2,86 a	0,76 c	0,24 b	0,65 b
DLS + M	3,10 a	0,92 a	0,19 c	0,75 a
CA + DLS	2,75 a	0,68 d	0,42 a	0,56 c
M	3,04 a	0,85 b	0,25 b	0,71 a
CV (%)	7,69	4,58	7,54	4,89
----- Florescimento pleno -----				
T sem N	3,47 a	0,87 a	0,18 e	0,79 a
CA	3,49 a	0,68 e	0,32 c	0,62 b
CA + M	3,30 a	0,64 e	0,69 a	0,44 d
DLS	3,07 a	0,82 b	0,24 d	0,69 b
DLS + M	3,00 a	0,73 d	0,38 b	0,56 c
CA + DLS	3,07 a	0,87 a	0,20 e	0,75 a
M	3,31 a	0,77 c	0,25 d	0,68 b
CV (%)	9,36	3,8	7,69	6,89
----- Pós-colheita -----				
T sem N	3,11 b	0,85 a	0,20 b	0,72 b
CA	3,20 b	0,83 b	0,24 a	0,71 b
CA + M	3,62 a	0,78 c	0,23 a	0,73 b
DLS	3,29 b	0,77 c	0,20 b	0,78 a
DLS + M	3,44 a	0,83 b	0,21 b	0,73 b
CA + DLS	3,61 a	0,86 a	0,23 a	0,70 b
M	2,47 c	0,74 d	0,26 a	0,66 c
CV (%)	3,75	1,6	8,56	2,32

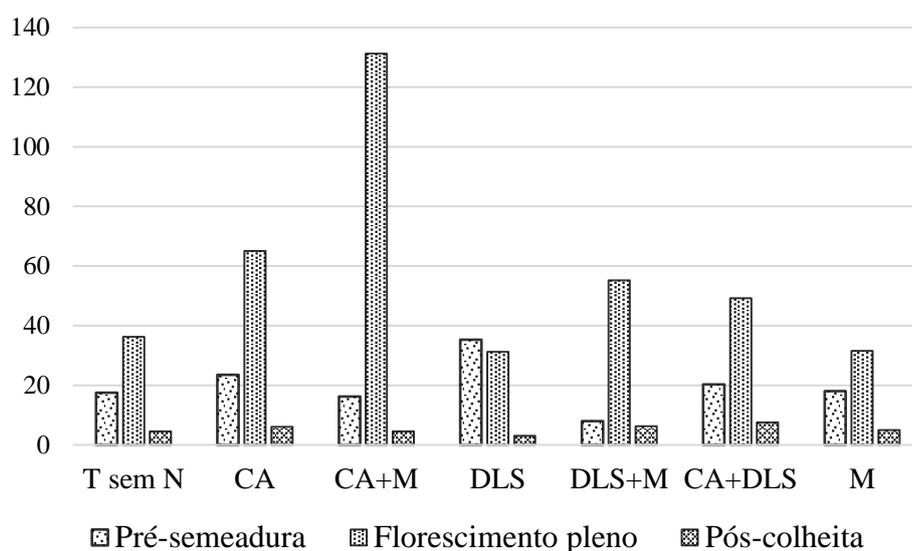
Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamentos de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. CA: cama de aves. M: mineral. DLS: dejetos líquidos de suínos. T: testemunha.

De forma geral, na 3ª coleta ocorreu aumento na Equitabilidade de Pielou e da Diversidade de Shannon, e redução da Dominância de Simpson, ou seja, transcorrido um

período maior da aplicação de resíduos orgânicos no solo tem-se uma redução nos organismos que se apresentavam como mais dominantes para um meio com distribuição de organismos dentro das espécies de forma mais uniforme e com maior diversidade de grupos.

Os resultados também evidenciaram que os tratamentos apresentaram maiores efeitos sobre a população de colêmbolos na 2ª coleta, exceto para o tratamento com DLS, sendo o maior valor encontrado no tratamento com CA+M (Figura 2). Em trabalho realizado por Quadros et al. (2009) os manejos de CA isoladamente e associado a uma fonte mineral no feijoeiro resultaram em maior população de colêmbolos quando comparado ao manejo totalmente mineral. Segundo Almeida et al. (2017), esse aumento é proveniente justamente do aporte de matéria orgânica através da aplicação de CA, que serve como fonte de alimento para uma ampla diversidade de organismos (MACCARI et al., 2020). Entretanto, a menor população de colêmbolos no tratamento com DLS, está atrelado a liberação de amônio durante a decomposição do resíduo no solo, resultando no aumento da mortalidade de colêmbolos (DOMENE; ALCANIZ; ANDRÉS, 2007), assim como a possibilidade de efeito negativo de metais pesados presentes no resíduo.

Figura 2. Número total de colêmbolos coletados em três épocas distintas sob o manejo de diferentes fontes nitrogenadas aplicados na cultura do feijoeiro. UFSM, Frederico Westphalen, 2022.



CA: cama de aves. M: mineral. DLS: dejetos líquidos de suínos. T: testemunha.

Conforme trabalho realizado por Santorufo et al. (2012) houve menores densidades de colêmbolos sob solos com maior concentração de metais. Pois os metais pesados como o Cu e Zn possuem ação negativa sobre a população de colêmbolos (ANTONIOLLI et al. 2013)

causando uma significativa letalidade, que pode estar associada ao aumento do pH do solo após a aplicação do resíduo que potencializa a biodisponibilidade dos metais (SEGAT et al., 2020), resultando na diminuição nas taxas de reprodução (CROUAU; CHENON; GISCLARD, 1999). Conseqüentemente, devido a composição do DLS, a sua influência no aumento do pH e aumento na disponibilidade de metais pesados, pode ocorrer a redução da população de colêmbolos em algumas condições de aplicação deste resíduo.

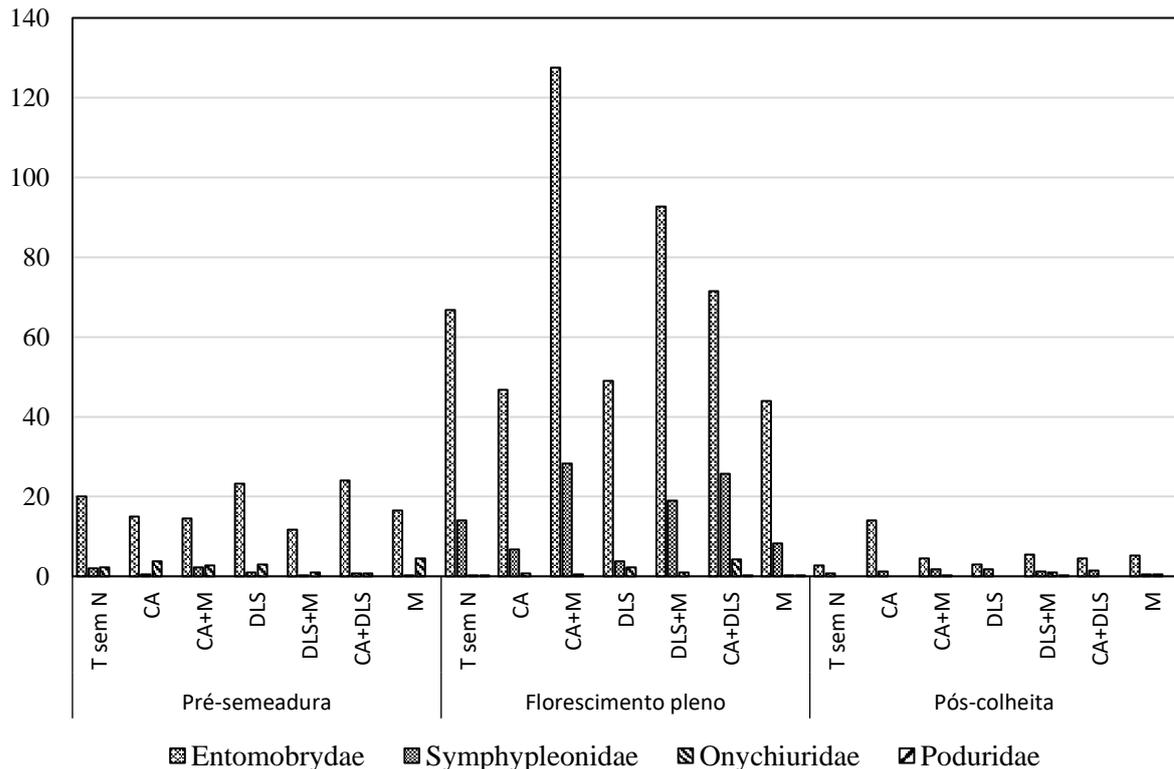
Os resíduos orgânicos requerem um processo de compostagem antes da sua aplicação ao solo para diminuir a toxicidade para a fauna do solo (DOMENE; ALCANIZ; ANDRÉS, 2007), e não somente o DLS, mas também a CA, possui compostos tóxicos como o amônio que em um processo de compostagem podem ser estabilizados (MACCARI et al., 2020). Neste estudo a CA foi proveniente da criação de frangos de corte com a retirada meses antes da aplicação ao solo, o que pode ter beneficiado o processo de estabilização e redução de compostos tóxicos, resultando na melhoria dos atributos biológicos do solo quando comparado ao tratamento com DLS.

As coletas evidenciaram a presença de quatro famílias do grupo Collembola: Entomobryidae, Symphypleonidae, Onychiuridae e Poduridae, com variação das famílias nas três coletas (Figura 3). Os colêmbolos da família Entomobryidae apresentaram as maiores variações na abundância, representando mais de 74%, 70% e 63% do total de organismos coletados em todos os tratamentos da 1ª, 2ª e 3ª coletas, respectivamente, estando presentes em todos os tratamentos.

A família Entomobryidae é a mais diversa da ordem Collembola, com mais de 1.620 espécies catalogadas, correspondendo a 21,6% dos colêmbolos conhecidos, sendo composta por representantes normalmente epiedáficos, com apêndices bem desenvolvidos e órgãos metatrocanterais complexos (BELLINGER; CHRISTIANSEN; JANSSENS, 2022). Tais características fornecem mecanismos de adaptação e resistência desta família nos mais diferentes ambientes (ZEPPELINI; BELLINI, 2006) para habitar as camadas mais superficiais do solo (MARTINS; GUTJAHR; BRAGA, 2010), sendo que a sua maior abundância ocorre em estádios mais avançados das culturas em desenvolvimento, quando se tem melhor cobertura de solo (SAUTTER; SANTOS; RIBEIRO JÚNIOR, 1999). Logo, a sensibilidade destes organismos ao ambiente e a oferta de alimento se reflete nos resultados obtidos, já que houve uma maior abundância da família Entomobryidae na 2ª coleta, fator que pode estar atribuído a proteção do solo através da cultura em desenvolvimento que estava em pleno florescimento e oferta de alimento através dos resíduos vegetais da cultura antecessora e dos resíduos orgânicos adicionados ao ambiente, sendo estes aplicados há 53 dias do momento da coleta.

Conseqüentemente, na 3ª coleta a redução desta família possivelmente esteja associada à redução da proteção do solo pela cultura, em função da colheita.

Figura 3. Número de indivíduos por família do grupo Collembola coletados em três épocas distintas sob o manejo de diferentes fontes nitrogenadas aplicados na cultura do feijoeiro. UFSM, Frederico Westphalen, 2022.



CA: cama de aves. M: mineral. DLS: dejetos líquidos de suínos. T: testemunha.

As famílias Symphypleonidae, Onychiuridae e Poduridae apresentaram a menor abundância nas três coletas, com aumento no número de organismos da família Symphypleonidae na 2ª coleta, enquanto nas outras coletas a abundância das demais famílias não apresentou variações (Figura 3). A família Poduridae apresenta alta suscetibilidade às diversas variações no ambiente (ZACHRISSON; MARTÍNEZ, 2011). Conforme trabalho realizado por Drescher et al. (2011), a presença desta família ocorreu somente no plantio direto, não estando presente em áreas de plantio convencional, cultivo mínimo e mata nativa, pois o plantio direto contribui para a manutenção da umidade no solo favorecendo a população desta família de colêmbolos.

Em trabalho realizado por Rieff et al. (2010), as famílias Symphypleonidae e Onychiuridae apresentaram maior abundância sob a mata nativa, cujo resultado foi atribuído à

maior estabilidade ambiental do sistema (SAUTTER; SANTOS; RIBEIRO JÚNIOR, 1999), que teria favorecido a presença destas famílias quando comparado ao sistema com menor estabilidade proveniente da aplicação de resíduos orgânicos. Deste modo, a presença das famílias Symphypleonidae e Onychiuridae em menor abundância nos tratamentos com aplicação de resíduos orgânicos demonstra que este não é seu habitat preferencial.

Conforme Baretta et al. (2008), não se tem uma regra lógica para definir a ausência ou presença de determinada família de colêmbolos em um ambiente de estudo pois há uma grande variabilidade entre os ambientes. Consequentemente, a ocorrência de uma família pode acontecer de forma esporádica devido principalmente a estrutura da cobertura vegetal e da umidade do solo (SAUTTER et al., 1998). Assim, o aumento no número de indivíduos da família Symphypleonidae na 2ª coleta em todos os tratamentos remete principalmente a influência do ambiente quanto a oferta de alimento, teor de umidade e cultura em desenvolvimento.

A fauna edáfica caracterizada pelas famílias de colêmbolos apresentou alterações nos índices de riqueza, equitabilidade, dominância e diversidade (Tabela 3). A riqueza de espécies apresentou redução em todos os tratamentos na 2ª coleta, seguida de aumento na 3ª coleta. O índice de equitabilidade teve aumento na 2ª coleta, exceto para a testemunha e no manejo da adubação nitrogenada via mineral, ou seja, em todos os tratamentos que receberam adubação nitrogenada parcial ou total através dos resíduos orgânicos houve aumento na equitabilidade.

A dominância apresentou redução na 2ª coleta para os tratamentos com DLS+M e CA+DLS. Esta redução na dominância é proveniente da expressão significativa de duas famílias, Entomobrydae e Symphypleonidae, sendo que, em contrapartida, os demais tratamentos apresentaram predominância da família Entomobrydae que resultou na maior dominância. O aumento significativo da família Entomobrydae para todos os tratamentos na 2ª coleta pode estar relacionada aos fatores abióticos, principalmente ao período de maior precipitação pluviométrica durante a coleta que proporcionou o aumento da umidade do solo e resultou no aumento na densidade de colêmbolos desta família (SHULTZ; LENSING; WISE, 2006), pois o grupo Entomobryomorpha, na qual a família está inserida, apresenta correlação significativa com dados pluviométricos (RIEFF et al., 2014).

A ausência de chuvas no período da 3ª coleta pode ter proporcionado a redução da família Entomobrydae, em decorrência do menor teor de umidade no solo. Conforme Rieff et al. (2014), as variações de temperatura e umidade influenciam na distribuição destes organismos, pois o aumento na umidade do solo promove a proliferação de fungos, sendo estes a principal fonte de alimento para esta família de colêmbolos, resultando no aumento da

população (FERGUSON; JOLY, 2002). Conseqüentemente, a baixa umidade do solo resultou na redução da família Entomobrydae, e conseqüentemente da sua dominância, promovendo aumento da diversidade de famílias de colêmbolos, exceto para a testemunha e CA+DLS, sendo que para este último houve ausência das famílias Onichiuridae e Poduridae, diminuindo a sua diversidade.

Tabela 3. Índice de riqueza de Margalef, Equitabilidade de Pielou, Dominância de Simpson e Diversidade de Shannon das famílias do grupo Collembola, coletados em três épocas distintas sob o manejo de diferentes fontes nitrogenadas aplicados na cultura do feijoeiro. UFSM, Frederico Westphalen, 2022.

Fonte de nitrogênio	Índice de riqueza de Margalef (I)	Equitabilidade de Pielou (e)	Dominância de Simpson (Is)	Diversidade de Shannon (H)
Pré-semeadura				
T sem N	1,07 b	0,82 a	0,64 b	0,24 b
CA	0,90 c	0,62 b	0,66 b	0,21 c
CA + M	1,66 a	0,68 b	0,54 b	0,34 a
DLS	1,09 b	0,50 c	0,73 a	0,18 c
DLS + M	1,20 b	0,66 b	0,80 a	0,15 d
CA + DLS	0,85 c	0,43 c	0,85 a	0,12 d
M	0,81 c	0,87 a	0,60 b	0,26 b
CV (%)	13,49	11,32	9,62	11,37
Florescimento pleno				
T sem N	0,46 c	0,81 a	0,64 d	0,25 a
CA	0,55 b	0,70 b	0,69 c	0,21 b
CA + M	0,47 c	0,72 b	0,68 c	0,23 b
DLS	0,52 b	0,53 d	0,81 a	0,14 d
DLS + M	0,75 a	0,83 a	0,60 e	0,25 a
CA + DLS	0,59 b	0,82 a	0,64 d	0,26 a
M	0,52 b	0,61 c	0,74 b	0,17 c
CV (%)	7,57	3,02	3,33	7,36
Pós-colheita				
T sem N	1,56 a	0,77 c	0,64 a	0,22 c
CA	1,15 a	0,95 a	0,53 c	0,28 b
CA + M	1,68 a	0,97 a	0,48 c	0,41 a
DLS	1,58 a	0,87 b	0,52 c	0,25 c
DLS + M	1,71 a	0,85 b	0,50 c	0,38 a
CA + DLS	1,28 b	0,72 c	0,68 a	0,24 c
M	1,77 a	0,74 c	0,59 b	0,29 b
CV (%)	8,01	3,86	6,97	8,91

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamentos de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. CA: cama de aves. M: mineral. DLS: dejetos líquidos de suínos. T: testemunha.

É possível que a maior diversidade de famílias da ordem Collembola encontrada na 3ª coleta nos tratamentos DLS+M e CA+M seja proveniente de um aumento da umidade no solo e aporte de matéria orgânica como fonte de alimento. Em contrapartida, verifica-se que os tratamentos com os resíduos orgânicos aplicados isoladamente apresentaram efeito negativo sobre a diversidade das famílias de colêmbolos e, nesse caso, isso pode ter ocorrido em função da presença de alguns compostos dos resíduos que, quando aplicados em maior quantidade, resultam em um ambiente desfavorável para algumas famílias de colêmbolos. Porém, isso deve ser elucidado em trabalhos futuros.

4.4 CONCLUSÃO

O uso de DLS como fonte alternativa de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro proporciona aumento da riqueza de grupos de organismos e reduz a abundância da fauna edáfica, enquanto a CA proporciona aumento na abundância e a associação de CA+DLS resulta em maior diversidade e equitabilidade dos grupos de organismos edáficos.

Os colêmbolos foram influenciados negativamente pelo DLS, com redução na sua população, enquanto que a aplicação parcial ou total de CA contribuiu para o aumento da população desta ordem.

A família de colêmbolos Entomobrydae foi a mais abundante, com maior expressividade na 2ª coleta, decorrente da proteção do solo pela cultura em desenvolvimento e oferta de alimento através dos resíduos vegetais da cultura e dos resíduos orgânicos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. S. 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, jul. 2017.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, M. V. et al. Influência de fertilizantes químicos e dejetos líquidos de suínos na fauna do solo. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 11, n. 41, p. 219-229, 2018.

ANTONIOLLI, Z. I. et al. Metais pesados, agrotóxicos e combustíveis: efeito na população de colêmbolos do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, V. 43, n. 6, p. 992-998, jun. 2013.

ANTONIOLLI, Z. I. et al. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 407-417, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual 2022**. Disponível em:< <https://abpa-br.org/mercados/>>. Acesso em: 19 out. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNOS. **Dados do mercado de suínos 2021**. 12 p. Disponível em:< <https://drive.google.com/file/d/1kK4D-2up5PnMtg08kFFK17UfSW-tlUU7/view?usp=sharing>>. Acesso em: 09 nov. 2022.

BARETTA, D. et al. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 2, p. 97-106, 2003.

BARETTA, D. et al. Colêmbolos (Hexapoda: Collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, n. 2693-2699, 2008.

BARRETA, D. et al. Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos Ci. Solo**, v. 7, p. 119-170, 2011.

BELLINGER, P. F.; CHRISTIANSEN, K. A.; JANSSENS, F. **Checklist of the Collembola of the World**. Disponível em:< <http://www.collembola.org/>>. Acesso em: 16 nov. 2022.

CASTALDELLI, A. P. A. et al. Meso e macrofauna de solo cultivado com milho e irrigado com água residuária da suinocultura. **Revista engenharia agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 5, p. 905-917, set./out. 2015.

CASTRO, A. G.; QUEIROZ, M. V. B. Estrutura e organização de uma comunidade de formigas em agro-ecossistema neotropical. **An. Soc. Entomol. Brasil**, v. 16, n. 2, 1987.

CHERUBIN, M. R. et al. Qualidade física, química e biológica de um latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 39, p. 615-625, 2015.

COLEMAN, D. C., GROSSLEY, D. A. **Fundamentals of soil ecology**. San Diego: Academic Press, 1995. 205 p.

COLLINS, M. S. Water relations in termites. In: KRISHNA, K.; WEESNER, F. M. (Ed.). **Biology of termites**. New York. Academic Press, 1969. v. 1, p.433-458.

COSTA, A. D. et al. Macrofauna epiedáfica em área de cultivo do noni sob práticas de manejo agroecológicas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, 2021.

CREPALDI, R. A. et al. Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 5, p. 781-787, mai., 2014.

CROUAU, Y.; CHENON, P.; GISCLARD, C. The use of *Folsomia candida* (Collembola Isotomidae) for the bioassay of xenobiotic substances and soil pollutants. **Appl Soil Ecol**, v. 12, p. 103-111, 1999.

DAMÉ, P. R. V. et al. Efeitos da queimada seguida de pastoreio ou diferimento sobre o resíduo, temperatura do solo e mesofauna de uma pastagem natural. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, p. 391-396, 1996.

DOMENE, X.; ALCANIZ, J. M.; ANDRÉS, P. Ecotoxicological assessment of organic wastes using the soil collembolan *Folsomia candida*. **Applied Soil Ecology**, v. 35, p. 461-472, 2007.

DRESCHER, M. S. et al. Fauna epigeica em sistemas de produção de *Nicotina tabacum* L. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 35, p. 1499-1507, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 4. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FAGERIA, N. K.; CARVALHO, M. D. C. S.; OLIVEIRA, I. P. D. Calagem e Adubação. In: GONZAGA, A. C. D. O. **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. cap.5, p. 59-76.

FERGUSON, H.; JOLY, D. O. Dynamics of springtail and mite populations: the role of density dependence, predation, and weather, **Ecological Entomology**, vol. 27, n. 5, p. 565-573, oct. 2002.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535. 2019.

GEREMIA, E. V. et al. Fauna edáfica em pastagem perene sob diferentes fontes de nutrientes. **Revista Scientia Agraria**, v. 16, n. 4, p. 17-30, 2015.

HADDAD, G.Q. et al. Population fluctuations of Formicidae (Hymenoptera) and Araneae (Arachnida) in two tillage systems in the region of Guaíra-SP. **Florida Entomologist**, v. 95, n. 4, p. 1012-1018, 2012.

LIMA, S. S. D. et al. Diversidade da fauna epígea em diferentes sistemas de manejo no semiárido. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 12, n. 45, p. 328-337, 2019.

LOURENÇO, K. S. et al. Crescimento e absorção de nutrientes pelo feijoeiro adubado com cama de aves e fertilizantes minerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 462-471, 2013.

LUCERO, E. M. et al. Invertebrados edáficos em culturas de verão e inverno no noroeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 10, n. 1, p. 67-74, mai. 2020.

MACCARI, A. P. et al. Ecotoxicological effects of pig manure on *Folsomia candida* in subtropical Brazilian soils. **Journal of Hazardous Materials**, v. 314, p. 113-120, 2016.

MACCARI, A. P. et al. The effect of composted and non-composted poultry litter on survival and reproduction of *Folsomia candida*. **International Journal of Recycling of organic Waste in Agriculture**, v. 9, p. 99-105, 2020.

- MARTINS, A. M.; GUTJAHR, A. L. N.; BRAGA, C. E. D. S. Caracterização da fauna de Collembola em diferentes formações vegetais no município de Santa Bárbara, estado do Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paranaense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 15, n. 2, p. 393-407, mai.-ago. 2010.
- MELO, F. V. de. et al. **A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores**. Embrapa Florestas. 3 p. 2009.
- NICOLOSO, R. S. et al. Adubos e adubação orgânica. In: SILVA, L. S.; GATIBONI, L.C. **Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. Frederico Westphalen: NRS-SBCS, p. 317-328. 2016.
- PARR, C. L. et al. Savanna fires increase rates and distances of seed dispersal by ants. **Oecologia**, v. 151, p. 33-41, 2007.
- PINTO, M. A. B. et al. Aplicação de dejetos líquidos de suínos e manejo do solo na sucessão aveia/milho. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 44, n. 2, p. 205-212, abr./jun. 2014.
- QUADROS, V. J. D. et al. Fauna edáfica em sistemas de cultivo de batata, soja, feijão e milho. **Ciência e Natura**, UFSM, v. 31, n. 1, p. 115-130, 2009.
- RIEFF, G. G. et al. Diversidade de famílias de ácaros e colêmbolos edáficos em cultivo de eucalipto e áreas nativas. **R. Bras. Agrobiologia**, Pelotas, v. 16, n. 1-4, p. 57-61, jan.-dez. 2010.
- RIEFF, G. G. et al. Diversity of Springtails and Mites of a Native Forest In Southern Brazil: Relationship with the Indices of Temperature and Precipitation in the Native Environment. **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**, v. 4, n. 9, sep. 2014.
- RODRIGUES, D. M. et al. Diversidade de artrópodes da fauna edáfica em agroecossistemas de estabelecimento agrícola familiar na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n. 1, p. 32-38, jan./mar. 2016.
- ROGERI, D. A. et al. Composition of Poultry Litter in Southern Brazil. **Rev. Bras. Ciên. Solo**, v. 40, 2016.
- RUBERT, N., L. et al. Fauna epigea sobre combinações de plantas de cobertura em decomposição na cultura do milho. **Pesquisas agrárias e ambientais**, v. 7, n. 10, p. 104-116, 2021.
- SANTORUFO, L. et al. Soil invertebrates as bioindicators of urban soil quality. **Environmental Pollution**, v. 161, p. 57-63, 2012.
- SAUTTER, K. D. et al. População de Oribatei e Collembola em pastagens na recuperação de solos degradados pela mineração do xisto. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 33, p. 1509-1513, 1998.
- SAUTTER, K. D.; SANTOS, H. R. D.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. Comparação das comunidades de Entomobryidae e Isotomidae (Collembola) entre plantio direto em três níveis

de fertilidade, plantio convencional e um ecossistema natural (campo nativo) em Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Revta bras. Zool.** v. 16, n. 1, p. 117-124, 1999.

SEGAT, J. C. et al. Disentangling the effects of the aqueous matrix on the potential toxicity of liquid pig manure in sub-tropical soils under semi-field conditions. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 168, p. 457-465, 2019.

SEGAT, J. C. et al. Efeitos ecotoxicológicos de dejetos suínos sobre *Folsomia cándida* em solos subtropicais. **Ciências Biológicas**, Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 92, 2020.

SHULTZ, B.; LENSING, J. R.; WISE, D. H. Effects of altered precipitation and Wolf spiders on the density and activity of forest-floor Collembola. **Pedobiologia**, v. 50, p. 43-50, 2006.

SILVA, D. M. et al. Efeitos da aplicação de dejetos de suínos na diversidade e atividade da biota do solo em áreas de pastagem. **Ciência do Solo**, v. 46, n. 10, out. 2016.

SILVA, J. et al. Fauna do solo em sistemas de manejo com café. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 2, p. 59-71, mai. 2012.

SILVA, R. F. D. et al. Changes in edaphic mesofauna by successive application of pig slurry and poultry litter in Tifton 85 pasture. **Ver. Bras. Cienc. Agrar.**, Recife, v. 14, n. 2, 2019.

SILVA, R. F. D. et al. Doses de dejetos líquidos de suínos na comunidade da fauna edáfica em sistema plantio direto e cultivo mínimo. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, mar. 2014.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFS-RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016.

SOUZA, T. M. D. et al. Levantamento e identificação de Collembola em área de cultivo de *Persea americana* L. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema/AL, v. 6, n. 3, p. 3080-3096, jul.-set. 2021.

TESSARO, D. et al. Edaphic mesofauna (springtails and mites) in soil cultivated with baby corn and treated with swine wastewater combined with chemical fertilization. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 9, n. 3-4, p. 983-987, 2011.

VIANA, E. et al. Diversidade da fauna edáfica em solos com diferentes sistemas de manejos no norte do Rio Grande do Sul. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, 2022.

WILSON, E. O. Causes of Ecological Success: The case of the Ants. **Journal of Animal Ecology**, v. 56, n. 1, p. 1-9, feb. 1987.

ZACHRISSON, B.; MARTÍNEZ, O. Estructura de la comunidad edáfica de collembola (Hexapoda: entognatha), em áreas produtoras de banana, localizadas em alanje, progreso y barú, provincia de Chiriquí, Panamá. **Tecnociencia**, v. 13, n. 1, 2011.

ZEPPELINI, D. F.; BELLINI, B. C. Two *Seira* Lubbock 1869 (Collembola, Arthropleona, Entomobryidae) new to Science, with remarkable secondary sexual characters. **Zootaxa**, Auckland, v. 1185, p. 21 – 35, 2006.

5 CONCLUSÃO GERAL

O efeito dos tratamentos com as diferentes fontes de nitrogênio proporcionou diferença estatística para as variáveis de crescimento de planta e produtividade, sem efeito significativo sobre as variáveis de rendimento. Observou-se que a utilização de dejetos líquidos de suínos e cama de aves associados a fonte mineral se mostraram eficientes como estratégia de manejo de nitrogênio na cultura do feijoeiro, com incrementos em produtividade em relação ao manejo mineral e testemunha. Aumentos de produtividade foram provenientes da aplicação isolada de dejetos líquidos de suínos, ou associada a cama de aves, demonstrando o potencial uso destes resíduos como fonte de nitrogênio para o feijoeiro.

O uso de dejetos líquidos de suínos como fonte alternativa de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro proporciona aumento da riqueza de grupos de organismos e reduz a abundância da fauna, enquanto a cama de aves proporciona aumento de abundância e a associação dos resíduos resulta em maior diversidade e equitabilidade dos grupos de organismos da fauna edáfica. Os colêmbolos foram influenciados negativamente pelo dejetos líquidos de suínos, com redução na sua população, enquanto que a aplicação parcial ou total de cama de aves resultou em aumentos na população desta ordem. A família Entomobryidae foi a mais abundante entre as famílias coletadas, com maior expressividade na 2ª coleta, decorrente da proteção do solo pela cultura em desenvolvimento e oferta de alimento através dos resíduos vegetais da cultura e dos resíduos orgânicos.

Estes resultados demonstram que o uso combinado do dejetos líquidos de suínos e da cama de aves possibilita incrementos em produtividade, além de beneficiar a fauna edáfica através de maior diversidade e melhor equitabilidade entre os grupos da fauna edáfica e famílias de colêmbolos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. R. V. D.; WANDER, A. E.; FIGUEIREDO, R. S. Panorama do mercado internacional de feijões: análise dos principais *players* mundiais com a competitividade do setor de exportações Brasileiro. **Revista gestão, inovação e negócios**, v. 1, n. 2, 2016.

ANDREAZZI, M. A.; SANTOS, J. M. G. dos.; LAZARETTI, R. M. J. Destinação dos resíduos da suinocultura em granjas das regiões noroeste e sudoeste do Paraná. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 744-751, set.-dez. 2015.

AQUINO, A. M. de; CORREIA, M. E. F. **Invertebrados Edáficos e o seu Papel nos Processos do Solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, out. 2005. 28 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 201).

ARAÚJO, A. S. F. D.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Biosci. J.** Uberlândia, v. 33, n. 3, p. 66-75, Jul./Set. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual 2022**. Disponível em:< <https://abpa-br.org/mercados/>>. Acesso em: 19 out. 2022.

BARROS, E. C. et al. **Potencial agrônomo dos dejetos suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 52 p.

BASSO, C. J. et al. Dejetos líquidos de suínos: II – perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, nov.-dez. 2005.

BRAINER, M. M. D. A. et al. Características físico-químicas da cama de aviário e desempenho de frangos de corte alojados em diferentes materiais de cama e duas densidades. **Veterinária e Zootecnia**, v. 29, p. 001-010, 2022.

BROWN, G. G. et al. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L. M. et al. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília-DF: Embrapa, 2015. p. 122-154.

CARVALHO, E. R. et al. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agrônômicas da soja e nutrientes do solo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 4, p. 930-939, out./dez. 2011.

CERETTA, C. A. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesq. agrop. bras.**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 729-735, jun. 2003.

CHEKANAI, V.; CHIKOWO, R.; VANLAUWE, B. Responde of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to nitrogen, phosphorus and rhizobia inoculation across variable soils in Zimbabwe. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 266, n. 1, p. 167-173, 2018.

COÊLHO, J. D. Feijão: Produção e mercados. **Caderno Setorial ETENE**, n. 197, dez. 2021.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Feijão Total (1ª, 2ª e 3ª Safras) – Brasil - Série histórica**. Disponível em:< <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/905-feijao>>. Acesso em: 06 out. 2022.

CONTE, O. et al. Manejo do solo. In: OLIVEIRA, A. B. D. et al. **Soja: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília-DF: Embrapa, 2019. p.71-90.

CORRÊA, J. C.; MIELE, M. A cama de aves e os aspectos agrônômicos, ambientais e econômicos. In: PALHARES, J. C. P.; KUNZ, A. **Manejo ambiental na avicultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. p. 125-152.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. de. **Fauna de Solo: Aspectos Gerais e Metodológicos**. Seropédica: Embrapa *Agrobiologia*, fev. 2000. 46 p. (Embrapa *Agrobiologia*. Documentos, 112).

DOMENE, S. M. A.; GHEDINI, N. S. R. V.; STELUTI, J. Importância nutricional do arroz e feijão. In: FERREIRA, C. M.; BARRIGOSI, J. A. F. **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 147-163.

FAGERIA, N. K.; CARVALHO, M. D. C. S.; OLIVEIRA, I. P. D. Calagem e Adubação. In: GONZAGA, A. C. D. O. **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. cap.5, p. 59-76.

FAOSTAT. **Crops and livestock products**. Disponível em:<
<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>. Acesso em: 06 out. 2022.

FERREIRA, A. H. Integração de sistemas de produção: uso de dejetos de suínos na produção de forragens para bovinos. In: **Produção de suínos: teoria e prática**. Associação Brasileira de Criadores de suínos. Coordenação Técnica da Integral Soluções em produção Animal. Brasília, DF, 2014. p.836-844.

FERREIRA, E. P. B. et al. Contribuições para melhoria da eficiência da fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro comum no Brasil. In: **Tópicos em ciência do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – v.8. Viçosa, MG, 2013. p.251-291.

FOGEL, G. F. et al. Efeitos da adubação com dejetos suínos, cama de aves e fosfato natural na recuperação de pastagens degradadas. **Revista Verde**, Mossoró, v. 8, n. 5, p. 66-71, dez. 2013.

FREITAS, F. D. O. Evidências genético-arqueológicas sobre a origem do feijão comum no Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1199-1203, jul. 2006.

GALBIATTI, J. A. et al. Desenvolvimento do feijoeiro sob o uso de biofertilizante e adubação mineral. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 167-177, 2011.

GATIBONI, L. C.; NICOLOSO, R. D. S. Uso de dejetos animais como fertilizantes: impactos ambientais e a experiência de Santa Catarina. In: PALAHARES, J. C. P. **Produção animal e recurso hídricos: Tecnologias para manejo de resíduos e uso eficiente dos insumos**. 2019. Disponível em:<
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1114228/1/final9274.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2022.

GENTRY, H. S. Origin of the common bean, *Phaseolus vulgaris*. **Economic Botany**, v. 23, n. 1, p. 55- 69, jan.-mar. 1969.

GEREMIA, E. V. et al. Fauna edáfica em pastagem perene sob diferentes fontes de nutrientes. **Revista Scientia Agraria**, v. 16, n. 4, p. 17-30, 2015.

GILLER, K. E. Assessment and improvement of nitrogen fixation in tropical *Phaseolus vulgaris* L. **Soil use and management**, v. 6, n. 2, p. 82-84, jun. 1990.

HEINEMANN, A. B. et al. Drought impact on rainfed common bean production areas in Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 225, n. 15, p. 57-74, 2016.

HEINEMANN, A. B. et al. Eviromic prediction is useful to define the limits of climate adaptation: A case study of commom bean in Brazil. **Fiel Crops Research**, v. 286, n. 1, 2022.

HOFFMANN, I. et al. Farmers' management strategies to maintain soil fertility in a remote area in Northwest Nigeria. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 86, p. 263-275, 2001.

KONZEN, E. A. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003.

KOTUE, T. C. et al. Nutritional properties and nutrientes Chemical analysis of commom beans seed. **MOJ Biology and Medicine**, v. 3, n. 2, 2018.

LACERDA, M. C.; NASCENTE, A. S.; PEREIRA, E. T. L. Adubação nitrogenada afeta a produtividade e a qualidade comercial de grãos do feijoeiro em sistema plantio direto. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 42, n. 2, p. 369-378, 2019.

LIMA NETO, P. M. D. et al. Cama de aves associada a adubação nitrogenada no cultivo do milho. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 3, p. 39-50, jul./set. 2018.

LOCATELLI, J. L. et al. Uso de dejetos líquido de suínos permite reduzir a adubação mineral na cultura do milho?. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 628-637, 2019.

LOURENÇO, K. S. et al. Crescimento e absorção de nutrientes pelo feijoeiro adubado com cama de aves e fertilizantes minerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 462-471, 2013.

MALAVOLTA, E. Adubos nitrogenados. In: MALAVOLTA, E. **Abc da adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. p. 25-39.

MELO, F. V. D. et al. **A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores**. Embrapa Florestas. 3 p. 2009.

MIYAZAWA, M.; BARBOSA, G. M. D. C. **Dejetos líquido de suíno como fertilizante orgânico: método simplificado**. Londrina: IAPAR, 26 p., boletim técnico, 2015.

MORAES, E. D. S.; MENELAU, A. S. Análise do mercado de feijão comum. **Revista de Política Agrícola**, n. 1, p. 81-92, 2017.

MUTUNGI, C. et al. Nutritional benefits of improved post-harvest handling practices for maize and commom beans in Northern Tanzania: A quantitative farm-level assessment. **Journal of Stored Products Research**. v.95, n. 101918, Jan. 2022.

NAEEM, M. et al. Hycacanth bean (*Lablab purpureus* L.) – Na underutilised crop with future potential. **Scientia Horticulturae**, v. 272, n. 15, 2020.

NICOLOSO, R. S. et al. Adubos e adubação orgânica. In: SILVA, L. S.; GATIBONI, L.C. **Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. Frederico Westphalen: NRS-SBCS, p. 317-328. 2016.

NOGUEIRA, G. P. et al. Cobertura nitrogenada em diferentes estádios fenológicos do feijoeiro comum altera produtividade e qualidade de grãos. **Nativan, Sinop**, v. 7, p. 636-641, nov./dez. 2019.

OLIVEIRA FILHO, L. C. I. de. et al. Fauna edáfica com diferentes manejos e tempos de descarte de resíduos animais. **Revista Scientia Agraria**, v. 19, n. 1, p. 113-123, Jan./Mar. 2018.

OLIVEIRA, L. F. C. de. et al. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Embrapa, Brasília, DF, 2018. 59 p.

PELEGRINI, D. F.; BEZERRA, L. M. C.; HASPARYK, R. G. Dinâmica da produção de feijão no Brasil: progresso técnico e fragilidades. **Informe Agropecuário**, v. 38, n. 298, p. 84-91, 2017.

PINTO, M. A. B. et al. Aplicação de dejetos líquidos de suínos e manejo do solo na sucessão aveia/milho. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 44, n. 2, p. 205-212, abr./jun. 2014.

POSSE, S.C.P. et al. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central-brasileira: 2009–2011**. Vitória, ES: Incaper. 245 p. Disponível em: <<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/975/1/Livreto-Feijao-AINFO.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2022.

QUADROS, V. J. D. et al. Fauna edáfica em sistemas de cultivo de batata, soja, feijão e milho. **Ciência e Natura**, UFSM, v. 31, n. 1, p. 115-130, 2009.

RABELO, A. C. R. et al. Adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 15, n. 1, p. 825-841, jan.-jul. 2017.

RIEFF, G. G. et al. Diversidade de famílias de ácaros e colêmbolos edáficos em cultivo de eucalipto e áreas nativas. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, v. 16, n. 1-4, p. 57-61, Jan./Dez. 2010.

ROGERI, D. A. et al. Composition of Poultry Litter in Southern Brazil. **Rev. Bras. Ciên. Solo**, v. 40, 2016.

ROGERI, D. A. et al. Mineralização e nitrificação do nitrogênio proveniente da cama de aves aplicado ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 6, p. 534-540, 2015.

SAHRUZAINI, N. A. et al. Pulse Crop Genetics for a Sustainable Future: Where We Are Now and Where We Should Be Heading. **Front. Plant Sci.** v. 11, p. 531, abr. 2020.

SANTOS, L. A. dos. et al. Crescimento, índices fisiológicos e produtividade de cultivares de feijoeiro sob diferentes níveis de adubação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 1, p. 107-116, jan.-fev. 2015.

SARTOR, L. R. et al. Effect of swine residue rates on corn, common bean, soybean and wheat yield. **Ver. Bras. Ciênc. Solo**, v. 36, n. 2, p. 661-669, apr. 2012.

SILVA, D. M. et al. Effects of pig slurry application on the diversity and activity of soil biota in pasture áreas. **Ciência Rural**, v. 46, n. 10, p. 1756-1763, out. 2016.

SILVA, R. F. da. et al. Doses de dejetos líquidos de suínos na comunidade da fauna edáfica em sistema plantio direto e cultivo mínimo. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, mar. 2014.

SIMS, J. T.; WOLF, D. C. Poultry waste management: agricultural and environmental issues. **Advances in Agronomy**, v. 52, p. 1-83, 1994.

SOUSA, I. S. F. de; FERREIRA, C. M. Aspectos histórico-culturais do arroz e do feijão na sociedade brasileira. In: FERREIRA, C. M.; BARRIGOSI, J. A. F. **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 47-70.

TAIZ, L. et al. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. **Artmed Editora**, Porto Alegre, Ed. 6, 2017.

VIANA, E. et al. Diversidade da fauna edáfica em solos com diferentes sistemas de manejos no norte do Rio Grande do Sul. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, 2022.

ZARGAR, S. M. et al. Common bean proteomics: Present status and future strategies. *Journal of Proteomics*, v. 169, n. 3, p. 239-248, out. 2017.

NUP: 23081.045950/2023-19

Prioridade: Normal

Ato de entrega de dissertação/tese

134.334 - Dissertação e tese

COMPONENTE

Ordem	Descrição	Nome do arquivo
1	Dissertação de mestrado (134.334)	DIS_PPGAAA_2023_FELTES_JANINE_DIELE.pdf

Assinaturas

13/04/2023 09:05:42

CLAUDIR JOSE BASSO (PROFESSOR DO MAGISTÉRIO SUPERIOR)

33.21.00.00.0.0 - DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E AMBIENTAIS - UFSM-FW - DCAA-UFSM-FW



1960



1960

Código Verificador: 2557939

Código CRC: 67747fc2

Consulte em: <https://portal.ufsm.br/documentos/publico/autenticacao/assinaturas.html>

