

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

Lucas de Mattos

**FONTES ORGÂNICAS ALTERNATIVAS DE NITROGÊNIO PARA A
CULTURA DO MILHO**

Frederico Westphalen, RS
2024

Lucas de Mattos

**FONTES ORGÂNICAS ALTERNATIVAS DE NITROGÊNIO PARA A CULTURA DO
MILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus Frederico Westphalen, RS, como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo.**

Orientador: Prof. Dr. Claudir José Basso

Frederico Westphalen, RS
2024

Lucas de Mattos

FONTES ORGÂNICAS ALTERNATIVAS DE NITROGÊNIO PARA A CULTURA DO MILHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus Frederico Westphalen, RS, como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo.**

Aprovado em 07 de julho de 2024

Claudir José Basso, Dr. (UFSM)
(Professor/Orientador)

Gilvan Moisés Bertollo, Dr. (UFSM)

Duana Cancian Garafini, Eng. Agr^a (UFSM)

Frederico Westphalen, RS
2024

AGRADECIMENTOS

Nesta etapa crucial da minha jornada acadêmica, gostaria de expressar minha profunda gratidão a Deus por me conceder força e sabedoria em todos os momentos. Também desejo agradecer à minha família pelo apoio durante toda minha graduação, que foi fundamental para que eu pudesse concluí-la com êxito. Em particular, quero destacar minha imensa gratidão à minha namorada, Bruna Seger, que esteve ao meu lado em todos os desafios, juntamente com toda a sua família. A presença e o encorajamento de cada um de vocês foram luzes em meu caminho, e por isso sou eternamente grato.

Além disso, desejo expressar minha sincera gratidão ao meu orientador, Claudir José Basso, por todo o suporte, conselhos, ensinamentos e ajuda durante toda a graduação, especialmente nesta reta final, durante o desenvolvimento do meu TCC e estágio. Seu apoio e orientação foram fundamentais para o sucesso deste trabalho e para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Por fim, gostaria de agradecer também a todos os amigos e colegas que foram fundamentais nesta trajetória. Em especial, gostaria de reconhecer os membros do Grupo PET Ciências Agrárias e da AGR Jr., cuja companhia e colaboração foram essenciais para o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal. Agradeço por todos os momentos compartilhados, pelo apoio mútuo e pela inspiração constante. Juntos, enfrentamos desafios e celebramos conquistas, e por isso, guardarei cada lembrança com carinho em meu coração. Obrigado a todos por fazerem parte desta jornada.

“A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

Albert Einstein

RESUMO

FONTES ORGÂNICAS ALTERNATIVAS DE NITROGÊNIO PARA A CULTURA DO MILHO

AUTOR: Lucas de Mattos

ORIENTADOR: Prof. Dr. Claudir José Basso

O milho (*Zea mays* L.), uma planta da família Poaceae com diversas aplicações desde a alimentação até a indústria, desempenha um papel crucial na economia global, com o Brasil sendo o terceiro maior produtor e potencialmente o maior exportador. É uma cultura que responde positivamente à adubação nitrogenada, sendo essencial o fornecimento desse nutriente para alcançar altas produtividades de grãos. No entanto, devido ao alto custo associado a esse insumo, a utilização de resíduos orgânicos surge como uma alternativa para promover uma produção mais econômica e sustentável. Por isso, o objetivo deste estudo foi avaliar os componentes de rendimento e a produtividade de grãos de milho ao aplicar isoladamente e em combinação DLS (dejeito líquido de suínos) e CA (cama de aves) como fontes de nitrogênio. O experimento foi conduzido na safra 2022/2023 na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria campus Frederico Westphalen/RS, em delineamento de blocos ao acaso em um esquema fatorial com sete tratamentos: T1 - testemunha sem aplicação de N; T2 - 100% do N via cama de aves (CA); T3 - 50% do N via ureia + 50% do N via CA; T4 - 100% do N via dejeito líquido de suínos (DLS); T5 - 50% do N via ureia + 50% do N via DLS; T6 - 50% do N via CA + 50% do N via DLS; e T7 - 100% do N via ureia. As avaliações realizadas foram: diâmetro do colmo, altura de inserção da espiga, altura de planta, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga, massa seca de planta e produtividade. As fontes de N contribuíram para o aumento da produtividade de grãos de milho, quando utilizadas de forma isolada e/ou associada, onde todas produziram mais que a testemunha.

Palavras-chave: Manejo sustentável. Resíduos orgânicos. Produtividade.

ABSTRACT

ALTERNATIVE ORGANIC SOURCES OF NITROGEN FOR THE CORN CROP

AUTHOR: Lucas de Mattos
ADVISOR: Prof. Dr. Claudir José Basso

Corn (*Zea mays* L.), a plant from the Poaceae family with diverse applications from food to industry, plays a crucial role in the global economy, with Brazil being the third largest producer and potentially the largest exporter. It is a crop that responds positively to nitrogen fertilization, and the supply of this nutrient is essential to achieve high grain yields. However, due to the high cost associated with this input, the use of organic waste has emerged as an alternative to promote more economical and sustainable production. For this reason, the aim of this study was to evaluate the yield components and grain productivity of corn when applying DLS (Liquid Swine Manure) and CA (Poultry Litter) alone and in combination as nitrogen sources. The experiment was conducted in the 2022/2023 harvest in the experimental area of the Federal University of Santa Maria Frederico Westphalen campus/RS, in a randomized block design with seven treatments: T1 - control without N application; T2 - 100% of N via poultry litter (CA); T3 - 50% of N via urea + 50% of N via CA; T4 - 100% of N via liquid pig manure (DLS); T5 - 50% of N via urea + 50% of N via DLS; T6 - 50% of N via CA + 50% of N via DLS; and T7 - 100% of N via urea. The evaluations carried out were: stem diameter, ear insertion height, plant height, ear length, ear diameter, number of grains per row, number of rows per ear, plant dry mass and yield. The N sources contributed to an increase in corn grain yield when used alone and/or in combination, where all of them produced more than the control.

Keywords: Sustainable management. Organic waste. Productivity

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Precipitação e Temperatura média durante a condução do experimento.22

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 - Quadrados Médios e Níveis de Significância das variáveis analisadas: Diâmetro do Colmo (DC), Altura de Inserção da Espiga (AIE), Altura de Planta (AP), Comprimento de Espiga (CE), Diâmetro de Espiga (DE), Número de Grãos por Fileira (NGF), Número de Fileiras por Espiga (NFE), Massa Seca de Planta (MSP) e Produtividade (PROD).....22
- TABELA 2 - Médias da Altura de Inserção da Espiga (AIE), Diâmetro do Colmo (DC), Altura de Planta (AP), Comprimento de Espiga (CE), Diâmetro de Espiga (DE), Número de Grãos por Fileira (NGF), Número de Fileiras por Espiga (NFE), Massa Seca de Planta (MSP) e Produtividade (PROD) de acordo com cada tratamento.23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MILHO	13
2.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA.....	14
2.3 CAMA DE AVES	16
2.4 DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
5 CONCLUSÕES.....	27
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta pertencente à família Poaceae, que apresenta uma ampla gama de utilizações, desde a alimentação humana e animal até diversos fins industriais, possuindo papel extremamente importante para a economia (EMBRAPA, 2021). No cenário agrícola mundial, o Brasil atualmente é o terceiro maior produtor de milho, ficando atrás somente dos Estados Unidos e da China (USDA, 2023). Além de ser um grande produtor, o Brasil está também entre os maiores exportadores de milho com expectativa, de acordo com a USDA de ser o maior em 2023.

Em 2022/2023, a safra de milho no Brasil ocupou uma área próxima a 22,1 milhões de hectares, resultando em uma produção de 127.76 milhões de toneladas. O estado do Rio Grande do Sul contribuiu com uma área cultivada de 831,5 mil hectares e registrou uma produção de 3.73 milhões de toneladas. O estado foi responsável por cerca de 3,75% da área cultivada e 2,92% da produção total do Brasil, porém, em relação a outros estados, a produção e produtividade do milho são relativamente baixas, (CONAB, 2023).

De maneira geral a família Poaceae é muito responsiva ao nitrogênio (N) sendo esse o nutriente mais limitante, pois sua dinâmica no solo é muito complexa, assim como sua disponibilidade e utilização pelas plantas, influenciada por vários fatores como o sistema de cultivo, tipo de fertilizante, formas de manejo e condições edafoclimáticas (FIGUEIREDO et al., 2005).

Quando se realiza a aplicação do N por meio de adubos minerais, a recomendação é realizar de forma fracionada, sendo uma parte recomendada na semeadura, e o restante é aplicado em cobertura. Esse procedimento visa otimizar a absorção do nutriente pelas plantas em diferentes estádios de seu desenvolvimento e evitar perdas. Já no caso da aplicação de resíduos orgânicos, é crucial atentar para a disponibilidade dos nutrientes, devido à necessidade de mineralização desses resíduos. Portanto, é essencial realizar a aplicação de forma antecipada, garantindo que os nutrientes estejam prontamente disponíveis para as plantas quando necessitam.

Entre os fertilizantes minerais nitrogenados disponíveis no mercado, estão a ureia, o nitrato de amônio e o sulfato de amônio. A ureia é a fonte nitrogenada mais utilizada no Brasil, porém quando aplicada em superfície podem ocorrer perdas significativas principalmente por volatilização na forma de amônia NH_3 (TASCA et al., 2011), e por lixiviação na forma de nitrato (NO_3^-) (SANGOI et al., 2003). Além dessas fontes minerais, as fontes orgânicas, como os

dejetos de animais (cama de aves e dejetos líquidos de suínos), podem ser opções interessantes como fonte de nitrogênio.

Segundo dados do IBGE 2022, o Rio Grande do Sul ocupa posição de destaque na produção de suínos e aves. O estado detém o terceiro maior rebanho suíno do Brasil, concentrando-se principalmente na região norte e que quando, manejados de forma incorreta, podem causar danos ao meio ambiente. Logo a sua utilização como fonte de nutrientes é uma alternativa para os produtores de milho, pois possibilita a substituição parcial ou total do uso de ureia como fonte de nitrogênio. Essa prática não apenas reduz significativamente os custos de produção da cultura, mas também oferece um destino adequado para esses resíduos (SEIDEL et al., 2010; BRATTI, 2013), permitindo uma ciclagem desses nutrientes nessas mesmas unidades de produção onde esses resíduos são gerados.

O dejetos líquidos de suíno (DLS) é um resíduo que contém em sua composição matéria orgânica, e nutrientes como o nitrogênio e fósforo sendo mais de 50% desses dois nutrientes (N e P), prontamente disponíveis as plantas. Já a cama de aves (CA) se caracteriza por conter nitrogênio, potássio e fósforo, porém todos na forma orgânica precisando passar por um processo de mineralização para sua liberação após aplicação ao solo. Essas características possibilitam que tais resíduos sejam utilizados como fonte de adubação na agricultura, além disso podem melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SCHERER, 2007; SANTOS et al, 2014).

Baseado na hipótese de que o uso do DLS e da CA representa uma alternativa viável para os produtores, permitindo a substituição total ou parcial da adubação mineral de nitrogênio na cultura do milho, sem comprometer sua produtividade, o presente trabalho teve por objetivo avaliar alguns componentes de rendimento e a produtividade de grãos de milho mediante a aplicação isolada e/ou combinada de DLS e CA como fontes de nitrogênio.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.), pertence à família Poaceae, é uma planta anual, de natureza herbácea, e exibe adaptação a uma ampla variedade de ambientes. Ela possui um metabolismo do tipo C4, o que a torna altamente eficiente na absorção de luz solar, mas também sensível a quedas na intensidade luminosa (TAIZ e ZAIGER, 2017). Possui sua origem na América Central e devido a sua grande adaptabilidade, atualmente o grão é amplamente cultivado em todo o mundo. Essa cultura desempenha um papel fundamental na agricultura global em função da sua ampla gama de usos, que vão desde o consumo in natura até inúmeros fins industriais (LANGNER et al., 2019).

No contexto brasileiro, o milho ocupa a segunda posição entre os grãos mais cultivados, ficando atrás apenas da soja. Esse expressivo cultivo e a demanda pelo milho são impulsionados, em parte, pelo aumento da utilização do grão na produção de etanol e pelo crescimento do consumo de proteína animal mais acessível, como carne de aves e suínos, no Brasil. O milho é um componente essencial na alimentação desses animais, pelo fato do seu valor energético, contribuindo para o contínuo crescimento tanto na produção quanto na demanda pelo milho (CONAB, 2023).

A região Centro-Oeste do Brasil destaca-se como a principal produtora de milho no país, sendo altamente propícia para o cultivo de milho, tanto na primeira quanto na segunda safra, sendo que esta última responde por mais de 50% da produção nacional. Enquanto isso, a região Sul ocupa a segunda posição em termos de produção de milho. No entanto, no estado do Rio Grande do Sul, a produtividade média é de 4.488 kg ha⁻¹, resultando em uma produção de 3.73 milhões de toneladas (CONAB, 2023). Isso indica que ainda existe um considerável potencial de expansão no cultivo de milho no estado, assim como aumento da produtividade.

A produtividade do milho é afetada por diversos fatores, como a disponibilidade de água, o sistema de cultivo, a fertilidade do solo, as práticas de adubação, o controle de plantas daninhas, a presença de pragas e doenças (SCHLÖSSER, 2023). Portanto, é crucial adotar práticas de manejo o mais precisas possível para garantir o máximo potencial da cultura.

Para alcançar elevados níveis de produtividade no milho, é essencial fornecer nitrogênio, uma vez que esse nutriente é o mais absorvido e que exerce um impacto significativo na produtividade final de grãos. Durante os estádios iniciais do ciclo da planta, existem fases críticas em que a cultura estabelece seu potencial produtivo. O estágio V4 é caracterizado pela

planta estar com quatro folhas totalmente expandidas, mas é nesse momento que ocorre a diferenciação do meristema apical e a definição do potencial produtivo, tornando evidente a importância da disponibilidade de nitrogênio nessa fase. Outro período crítico para a cultura em relação à disponibilidade de nitrogênio ocorre no estágio V8, quando acontece a confirmação do número de fileiras (ovários) na espiga (RIBEIRO et al., 2020).

Com os notáveis avanços no melhoramento genético, que têm resultado na criação de híbridos de milho cada vez mais precoces e altamente produtivos, destaca-se a necessidade do manejo adequado da adubação nitrogenada. Isso ocorre porque, quanto mais precoce for o híbrido, menor será o período disponível para a absorção de nitrogênio, tornando-o mais responsivo ao parcelamento da adubação nitrogenada. Além disso, à medida que a produtividade do híbrido aumenta, cresce a demanda por nitrogênio no sistema, o que, por sua vez, resulta em um aumento nos custos de produção (SANGOI et al., 2019).

2.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA

O nitrogênio desempenha um papel de extrema relevância nas plantas, sendo constituinte de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e citocromos. Além disso, ele é um componente crucial da molécula da clorofila, desempenhando um papel direto no processo de formação de novos tecidos. Devido à sua importância e à alta demanda por parte das plantas, o nitrogênio é o elemento mineral mais absorvido, e ao mesmo tempo o mais exportado pela cultura (TAIZ; ZEIGER, 2017).

De acordo com Cobucci (1991), o nitrogênio é um dos nutrientes que exerce o maior impacto no crescimento e desenvolvimento do milho, influenciando diretamente os componentes de produção e, conseqüentemente, a produtividade da cultura. A disponibilidade de nitrogênio está diretamente relacionada com o desenvolvimento da área foliar e a taxa de fotossíntese. Quando ocorre deficiência de nitrogênio, as folhas fotossinteticamente ativas têm sua duração reduzida, o que interfere na produção de matéria seca e por consequência na produtividade.

O nitrogênio tem um impacto direto no crescimento do sistema radicular, na altura das plantas, no comprimento das espigas, no tamanho das espigas, no número e na massa dos grãos, no diâmetro do colmo e na inserção da espiga. Portanto, o nitrogênio mostra-se como um dos principais fatores que podem limitar a obtenção de altas produtividades (MEIRA, 2006).

A maior parte do nitrogênio presente no solo está contida na matéria orgânica (MO) do solo. No entanto, o nitrogênio prontamente disponível para absorção pelas plantas está na forma

inorgânica mineral, sendo representado pelo amônio (NH_4^+) e pelo nitrato (NO_3^-). Portanto, para que o nitrogênio presente na matéria orgânica seja absorvível pelas plantas, ele precisa passar por um processo de mineralização e conversão para uma forma mineral (DEMARI, 2014).

Por um longo período, a pesquisa concentrou-se na busca por fontes de nitrogênio utilizáveis na agricultura, visando atender à crescente demanda por um aumento na produção de alimentos. A dinâmica do nitrogênio no solo é extremamente complexa, tornando o seu manejo difícil, principalmente devido às diversas transformações pelas quais passa e à influência dos microrganismos presentes no solo. É importante destacar que o aproveitamento do nitrogênio, quando aplicado fertilizantes minerais nitrogenados em condições inadequadas, raramente excede 50% de eficiência (ROCHA; CARDOSO, 2021). Com relação a dose e Segundo Manual de Calagem e Adubação para os estados do RS e SC (2016), a quantidade de nitrogênio a serem aplicadas deve levar em consideração alguns fatores, como a expectativa de rendimento da cultura, a cultura antecessora e o teor de matéria orgânica presente no solo.

A cultura do milho tem dois principais períodos de absorção de nitrogênio, sendo que o primeiro ocorre da emergência até o florescimento, e o segundo vai do florescimento até a maturação dos grãos. Segundo Pavinato et al. (2008), a máxima produtividade de grãos de milho sob irrigação é obtida com a aplicação de 283 a 289 kg ha^{-1} de nitrogênio, mas do ponto de vista econômico, a máxima eficiência geralmente ocorre com 156 a 158 kg ha^{-1} de nitrogênio.

Com os avanços contínuos nos materiais e nas técnicas agrícolas, as produtividades atuais são significativamente maiores. Conforme mencionado por Mergener (2022), doses de nitrogênio em torno de 400 kg ha^{-1} têm proporcionado os máximos rendimentos, isso, devido ao aumento no número de grãos por metro quadrado e no peso de mil grãos. No entanto, é importante destacar que para alcançar altas produtividades, além da aplicação adequada de nitrogênio, é essencial ter um sistema de produção bem ajustado e condições climáticas favoráveis.

Para mitigar as perdas de N provenientes do uso de ureia como fonte nitrogenada e otimizar sua absorção pelas plantas através de uma distribuição mais eficiente ao longo do ciclo, é importante realizar o fracionamento na aplicação do fertilizante. Recomenda-se a aplicação inicial de 20 a 40 kg ha^{-1} de N durante a semeadura, seguida pela aplicação em cobertura, dividida em duas etapas. A primeira parcela deve ser realizada nos estádios V3/V4, enquanto a segunda ocorre nos estádios V7/V8.

O uso de cama de aves e dejetos líquidos de suínos como fontes de nutrientes podem representar uma alternativa de substituição total quanto parcial aos fertilizantes minerais. Além disso, a cama de aves pode otimizar a produção, uma vez que promove a mineralização do nitrogênio de forma mais gradual, tornando-o disponível ao longo de um período prolongado durante o ciclo da cultura. Por outro lado, o nitrogênio presente nos dejetos líquidos de suínos está na forma mineralizada ($N-NH_4^+$), prontamente disponível para ser absorvido pelas plantas. Portanto, a utilização desses compostos favorece a absorção e o aproveitamento eficaz do nitrogênio pelas plantas, porém não são aplicados em sincronismo com a demanda da cultura (CORRÊA e MIELE, 2011).

2.3 CAMA DE AVES

Segundo a ABPA, em 2022, o Brasil abateu 5,629 bilhões de cabeças de frango, totalizando 14,524 milhões de toneladas de carne. O estado do Rio Grande do Sul contribuiu com 13,77% desse total. Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor de carne de frango no mundo, ficando atrás apenas dos EUA. Do total produzido, 33,2% são destinados ao mercado externo, tornando o Brasil o maior exportador mundial desse produto.

É evidente a crescente demanda por proteína animal acessível, no entanto, o aumento na produção também resulta em uma maior geração de resíduos associados a essa atividade. Caso esses resíduos não sejam manejados adequadamente, podem acarretar sérias contaminações ambientais. No entanto, quando manejados de forma adequada os dejetos de aves representam uma fonte de nutrientes que podem substituir parcial ou totalmente os fertilizantes minerais. Além disso, o uso desses resíduos adiciona matéria orgânica ao solo, melhorando suas propriedades físicas, aumentando sua capacidade de retenção de água (GOULART et al., 2015).

A utilização desses resíduos como fertilizante orgânico representa uma forma racional e sustentável de destinação, especialmente devido às concentrações significativas de nutrientes que eles contêm e à possibilidade de reciclagem desses nutrientes. Considerando também os custos elevados dos fertilizantes minerais, a utilização desses resíduos orgânicos se torna uma alternativa muito interessante, tendo em vista que essa prática tem o potencial de reduzir os custos relacionados com os fertilizantes comerciais, tornando-a uma opção economicamente viável para os agricultores (OVIEDO-RONDÓN, 2008).

A cama de frango é constituída por todos os materiais dispostos no solo dos galpões, destinados a servir como um leito para as aves. Essa cama consiste em uma combinação de

excrementos, elementos do próprio material da cama, penas, fragmentos da pele das aves e resíduos de alimentos que caem dos comedouros. Sua presença é fundamental para resguardar o conforto animal das aves das condições climáticas adversas e para evitar que entrem em contato direto com o piso do galpão. Dentre os materiais que podem ser empregados como componente da cama, destaca-se a maravalha que possui capacidade de absorção e secagem, ser de fácil manejo e mantém uma condição microbiológica favorável. Além da maravalha, outros materiais como serragem, casca de amendoim, casca de arroz, casca de café, capim seco, e sabugo de milho triturado também são utilizados como componentes da cama, de acordo com a preferência e disponibilidade. Essa combinação resulta em um material orgânico que contém inúmeros nutrientes, tornando-o adequado para uso como fertilizante orgânico na agricultura (BOTEGA, 2019).

Os níveis de nutrientes encontrados na cama podem variar consideravelmente devido a uma série de fatores, incluindo as características físicas do material da cama, o número de lotes de frangos, o sistema de bebedouros, o nível de sujeira, o método de limpeza e as práticas de armazenamento. De acordo com Guimarães (2016), os nutrientes mais presentes na cama de frango são nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio. Vale ressaltar que a cama também pode conter outros nutrientes em proporções menores, no entanto é importante a realização de análises da cama para obter informações precisas sobre os teores específicos de cada nutriente.

A relação Carbono/Nitrogênio (C/N) presente na cama de aves é inicialmente alta durante o processo de decomposição, nesse momento o nitrogênio presente na cama é temporariamente imobilizado, ficando indisponível para as plantas. No entanto, ocorre o processo de mineralização do nitrogênio, o que resulta na liberação gradual desse nutriente ao longo do ciclo da cultura. Essa dinâmica da cama de aves faz com que ocorra a liberação gradual do nitrogênio da cama durante o ciclo da cultura. Isso é diferente do que ocorre quando se utiliza uma fonte mineral de nitrogênio, onde há uma rápida disponibilidade e aumento nos níveis de nitrogênio na solução do solo. Portanto, o uso da cama de aves como fonte de nitrogênio exige um planejamento cuidadoso para garantir que a liberação desse nutriente esteja alinhada com as fases de maior demanda da cultura do milho (SANTOS et al., 2014).

A utilização da cama de aves oferece várias vantagens aos produtores, como um baixo custo, além de contribuir para o aumento do teor de matéria orgânica no solo e melhorar suas características físicas, químicas e biológicas. No entanto, para garantir a disponibilidade sincronizada de nitrogênio com as demandas da planta, é recomendado combinar fontes minerais e orgânicas (DEMARI et al., 2016).

2.4 DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS

Segundo a ABPA, em 2022, o Brasil abateu 45,670 milhões de cabeças de suínos, totalizando 4,983 milhões de toneladas de carne. O estado do Rio Grande do Sul contribuiu com 20,4% desse total. Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor de carne suína no mundo, ficando atrás apenas da China e dos EUA, respectivamente. Do total produzido, 77,52% são destinados ao mercado interno.

A suinocultura é conhecida por gerar uma considerável quantidade de dejetos, que podem ter impactos negativos no meio ambiente, afetando água, solo e ar. Isso se deve à presença de metais pesados, como zinco (Zn) e cobre (Cu), em sua composição. Os dejetos líquidos de suínos consistem em uma mistura de fezes, urina, sobras de ração e água, com sua composição e quantidade suscetíveis a variações significativas, no entanto se manejados de forma eficientes, podem servir de adubos orgânicos (KONZEN, 2006).

A composição do DLS pode variar de propriedade para propriedade, tornando essencial a realização de análises da sua composição química. Isso é crucial, pois essa composição química determina a dose adequada, o momento ideal e o método correto de aplicação do dejetos. A falta dessa análise pode levar a uma utilização indiscriminada, resultando em desequilíbrios nutricionais no solo, nos quais o excesso de alguns nutrientes pode inibir a absorção de outros. Além disso, a aplicação excessiva pode aumentar o risco de certos componentes se infiltrarem nos recursos hídricos, o que pode causar danos ambientais significativos (MIYAZAWA; BARBOSA, 2015).

É essencial realizar o manejo dos dejetos, podendo ser feito de duas maneiras, através da armazenagem ou do tratamento. A armazenagem envolve o depósito dos dejetos por um período específico, visando à fermentação da biomassa e à redução dos patógenos. Já o tratamento compreende uma série de procedimentos com o objetivo de reaproveitar os dejetos de maneira a reduzir os riscos de poluição ambiental e maximizar a utilização dos nutrientes para fins de adubação agrícola (CARDOSO; OYAMADA; SILVA, 2015).

O nitrogênio é o nutriente presente em maior quantidade no dejetos líquido de suínos, mas a proporção desse nutriente varia de acordo com o dejetos e o método de armazenagem. Geralmente, cerca de 50% do nitrogênio presente está na forma mineral, enquanto o restante está na forma orgânica. O nitrogênio na forma mineral está prontamente disponível para as plantas quando o DLS é aplicado no solo. No entanto, é importante ressaltar que parte desse nitrogênio pode ser perdida na forma de amônia por volatilização ou a lixiviação de NO_3^- , o que reduz sua eficácia como fertilizante para as plantas. As perdas de nitrogênio por

volatilização no DLS podem ocorrer devido ao armazenamento inadequado ou durante a aplicação, especialmente em condições de alta temperatura, pH elevado no solo e no DLS, bem como em dias ventosos (BASSO et al., 2004).

A aplicação do DLS em áreas de lavouras e/ou pastagens, são atualmente a principal opção para a gestão desse resíduo, com impactos positivos notáveis na produção de gramíneas, e nas leguminosas. Além disso, o DLS se destaca por ser uma alternativa de baixo custo. A sua adoção nas propriedades rurais tem o potencial de reduzir significativamente os custos de produção, contribuindo para melhorar a rentabilidade das atividades agrícolas (CARDOSO et al., 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra 2022/2023, na área experimental do Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais da Universidade Federal de Santa Maria *campus* Frederico Westphalen, no período de 23 de agosto de 2022 a 16 de janeiro de 2023. A área se localiza 27°23'51" de Latitude Sul e 53°25'35" de Longitude Oeste, com altitude de 484 m. O clima na região é categorizado como subtropical úmido, com verões quentes, enquadrando-se no tipo fundamental Cfa. Quanto ao solo no local experimental, ele é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2011).

Na ocasião da instalação do experimento, através de uma análise do solo, observou-se as seguintes características físico-químicas na camada de 0,00-0,10 m: 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.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com 4 repetições, constituído de 7 tratamentos. Cada unidade experimental era composta por 5 linhas, espaçadas a 0,45 m, com 4 metros de comprimento. A cobertura vegetal na área experimental, previamente à semeadura do milho, consistia em aveia preta (*Avena sativa*), que foi controlada com herbicida, 3 dias antes da semeadura, seguindo o sistema de Plantio Direto. A semeadura do milho foi realizada de forma mecanizada, no dia 23 de agosto de 2022, utilizando o híbrido da Agroeste AS 1666, com densidade de semeadura de 3 sementes por m linear, totalizando 66.666 sementes ha⁻¹.

A adubação foi calculada baseada na recomendação do Manual de Calagem e Adubação do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, com expectativa de produtividade de 9000 kg ha⁻¹. O fornecimento de P foi realizado por meio de 280 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo por ocasião da semeadura, já para o fornecimento de K, foi aplicado 250 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio a lanço após a semeadura. E o fornecimento de N foi realizado, conforme os tratamentos: T1 - testemunha sem aplicação de N; T2 - 100% do N via cama de aves (CA); T3 - 50% do N via ureia + 50% do N via CA; T4 - 100% do N via dejetos líquidos de suínos (DLS); T5 - 50% do N via ureia + 50% do N via DLS; T6 - 50% do N via CA + 50% do N via DLS; e T7 - 100% do N via ureia, a concentração da fonte de N na ureia foi de 45%, na CA foi de 3,0% e no DLS foi de 2,67 kg/m³ de N.

As aplicações das diferentes fontes de adubação nitrogenada, foram calculadas para suprir 120 kg ha⁻¹ de N. Nos tratamentos que continham adubação mineral, a aplicação ocorreu de forma parcelada, sendo que logo após a semeadura aplicou-se 30 kg ha⁻¹ de N na forma de

ureia sobre as linhas de semeadura, o restante foi aplicado em dois momentos, nos estádios V4 e V8. Já nas parcelas que se usou a adubação orgânica, a CA e o DLS foram aplicados em uma só vez a lanço, um dia e seis dias após a semeadura do milho respectivamente.

Durante o desenvolvimento da cultura do milho, foram realizados monitoramentos periódicos do experimento e quando necessário a realização de algum manejo fitossanitário para o controle plantas daninhas, pragas e doenças, seguiu-se o recomendado para a cultura.

As avaliações iniciaram no estágio de pleno florescimento da cultura. Neste estágio, mediu-se o diâmetro do colmo no segundo entrenó visível usando um paquímetro. Além disso, foi mensurado a altura de inserção da primeira espiga e a altura da planta até o ponto de inserção da bainha da folha bandeira, ambas medidas a partir do nível do solo. Essas medições foram conduzidas em dez plantas por parcela. Além disso, também foi realizado a determinação da produção de massa seca da parte aérea, coletando cinco plantas por parcela e cortando-as rente à superfície do solo. Em seguida, as amostras foram submetidas à secagem em uma estufa a 65°C, com circulação forçada de ar, até atingirem peso constante. Posteriormente, pesamos as amostras e calculamos o valor estimado em quilogramas por hectare.

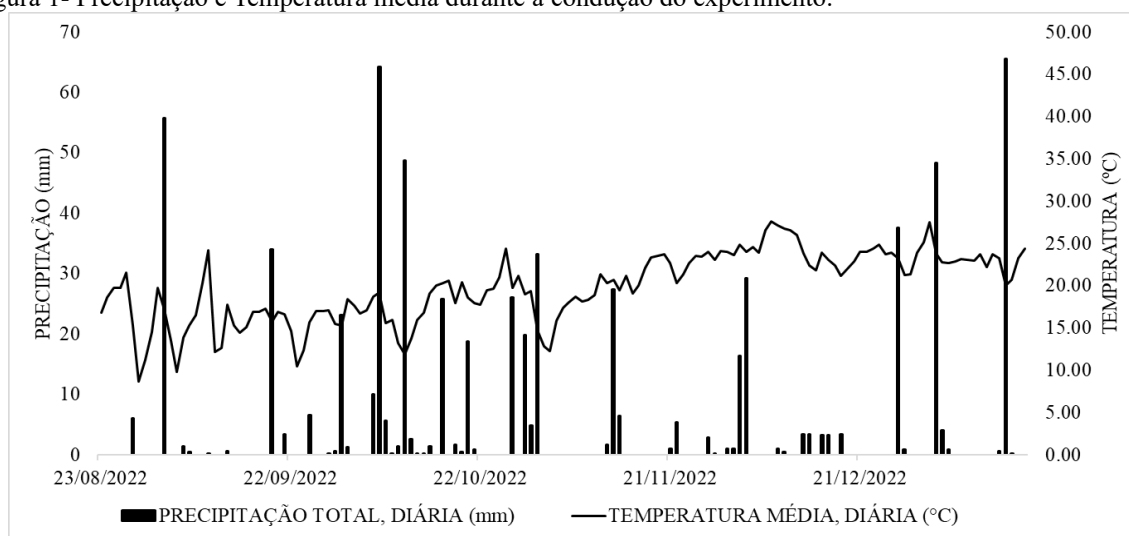
A produtividade foi determinada através da colheita das plantas nas duas linhas centrais de cada parcela, que também foram usadas para avaliar os componentes de produtividade da espiga. O diâmetro da espiga foi medido na parte central, utilizando um paquímetro, enquanto o comprimento da espiga foi registrado com o auxílio de uma régua métrica. O número de fileiras e o número de grãos por fileira foram obtidos por meio de contagem, considerando a média de doze espigas.

As espigas foram trilhadas manualmente, seguidas de pesagem, com a correção para 13% de umidade, e a conversão para quilogramas por hectare. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando ocorreu significância ao nível de 5% de probabilidade, os tratamentos foram comparados usando o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do programa Sisvar (FERREIRA, 2015).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na safra 2022/2023, o estado do Rio Grande do Sul foi fortemente impactado pelo fenômeno climático La Niña, caracterizado por momentos de acentuada escassez hídrica no estado. Conforme ilustrado na Figura 1, ao longo do ciclo da cultura foram totalizados 667,8 mm de precipitação pluviométrica.

Figura 1- Precipitação e Temperatura média durante a condução do experimento.



Com relação aos resultados do estudo, o fenômeno La Nina impactou fortemente principalmente a partir do reprodutivo da cultural, o que pode justificar a falta de resposta mais significativa entre os tratamentos. Na Tabela 1, observa-se que apenas a Altura de Inserção da Espiga (AIE) apresentou um efeito significativo, a 5% de probabilidade de erro. Em relação às demais variáveis, como Diâmetro do Colmo (DC), Altura de Planta (AP), Comprimento de Espiga (CE), Diâmetro de Espiga (DE), Número de Grãos por Fileira (NGF), Número de Fileiras por Espiga (NFE), Massa Seca de Planta (MSP) e Produtividade (PROD), não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos. No entanto, a seguir, será discutido as principais variáveis de acordo com as tendências observadas.

Tabela 1 - Quadrados Médios e Níveis de Significância das variáveis analisadas: Diâmetro do Colmo (DC), Altura de Inserção da Espiga (AIE), Altura de Planta (AP), Comprimento de Espiga (CE), Diâmetro de Espiga (DE), Número de Grãos por Fileira (NGF), Número de Fileiras por Espiga (NFE), Massa Seca de Planta (MSP) e Produtividade (PROD).

Características	Bloco	Tratamento	Resíduo	CV (%)
DC (mm)	0.608	0.532	0.752	4.02
AIE (m)	0.007	0.005*	0.001	3.12
AP (m)	0.026	0.002	0.006	3.76

CE (cm)	0.27	1.422	1.556	9.33
DE (cm)	0.021	0.017	0.024	3.34
NGF	2.436	7.828	3.257	6.3
NFE	0.51	0.358	0.304	3.65
MSP (kg ha ⁻¹)	2527570.62	2180531.59	1282751.19	9.36
PROD (kg ha ⁻¹)	836396.13	639558.07	1070099.95	13.13
GL	3	6	18	

GL: graus de liberdade; CV (%): coeficiente de variação; *Valores significativos a 5% de probabilidade de erro.

Para a variável AIE, e quando da adição de alguma fonte de N, não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2). No comparativo a testemunha, somente o tratamento com 100% da recomendação de N via cama de aves e com DLS + ureia, foram superiores. Numericamente, esses dois tratamentos foram os que apresentaram as maiores alturas de inserção da espiga, porém não diferindo significativamente dos demais tratamentos onde foi aplicado alguma fonte de N. Na média para os dois melhores tratamentos e no comparativo com a testemunha houve um incremento de 8,6% na altura de inserção da espiga com aplicação de toda a recomendação do N via cama de aves e na mistura do DLS + ureia.

Tabela 2 - Médias da Altura de Inserção da Espiga (AIE), Diâmetro do Colmo (DC), Altura de Planta (AP), Comprimento de Espiga (CE), Diâmetro de Espiga (DE), Número de Grãos por Fileira (NGF), Número de Fileiras por Espiga (NFE), Massa Seca de Planta (MSP) e Produtividade (PROD) de acordo com cada tratamento.

Variáveis analisadas	Fontes de N							Média
	Test	CA	DLS	Ureia	CA + DLS	CA + Ureia	DLS + Ureia	
AIE (m)	1.16 b	1.26 a	1.22 ab	1.22 ab	1.24 ab	1.25 ab	1.27 a	1.23
DC (mm)	20.83	21.77	21.59	21.55	21.55	21.7	22.01	21.57
AP (m)	1.98	2.02	1.98	1.99	2.04	1.97	2	2
CE (cm)	12.17	13.64	13.86	13.39	13.16	13.93	14.48	13.52
DE (cm)	4.66	4.64	4.68	4.54	4.62	4.67	4.51	4.62
NGF	25.58	29.74	29.34	28.85	28.76	29.41	28.75	28.63
NFE	14.91	15	15.69	15.12	14.93	15.29	14.83	15.11
MSP (kg ha ⁻¹)	10616.7	12600.0	12983.3	12133.3	12283.3	12066.7	12033.3	12102.4
PROD (kg ha ⁻¹)	7235.95	8106.64	8411.5	7852.68	7794.69	8192.8	7556.24	7878.64

*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas constituem grupo estatisticamente homogêneo. Test: testemunha; CA: cama de aves; DLS: dejetos líquidos de suínos.

Este resultado se assemelha ao que foi constatado por Mar (2001), cujos estudos demonstraram um aumento significativo na altura de inserção da espiga com adubação nitrogenada, semelhante ao observado no estudo de Soratto et al. (2010), no qual foram testadas diferentes fontes minerais de N, e os autores observaram que, independentemente da fonte

utilizada, a altura de inserção da espiga não apresentou diferenças significativas. Além disso, uma altura maior na inserção da espiga implica, conseqüentemente, em uma estatura mais elevada da planta, resultando em uma maior capacidade de armazenamento de nutrientes no colmo. Estes nutrientes podem ser posteriormente redistribuídos para a espiga durante a fase de enchimento de grãos. No entanto, é importante ressaltar que valores excessivamente altos podem propiciar a ocorrência de acamamentos de plantas.

Na tabela 2 são apresentadas algumas variáveis que foram estudadas durante a condução desse estudo. Com relação às variáveis Altura de Planta e Diâmetro do Colmo, independente da adição ou não de nitrogênio não houve uma resposta significativa no comparativo à testemunha, semelhante ao observado no estudo de Campos et al. (2017), onde a altura da planta manteve-se entre 2,3 m e 2,4 m ao testar diferentes doses de cama de aves, não apresentando diferenças significativas em comparação com a testemunha, que registrou altura de planta de 2,2 m. Já Reis et al. (2018), estudando diferentes doses de cama de aves, esterco bovino e adubação mineral encontraram diferenças significativas nessas variáveis para essas diferenças fontes estudadas. Isso se justifica talvez pelo fato desses autores terem estudados doses, diferentemente do que foi estudo no presente estudo.

Os resultados referentes ao Diâmetro de Espiga e Comprimento de Espiga permaneceram bastante semelhantes, independentemente do tratamento avaliado. Esta observação é similar ao encontrado no trabalho por Reis et al. (2018), que também observaram uma homogeneidade nos resultados. Esses resultados colocados anteriormente, contrastam com os de Daga et al. (2009), os quais observaram diferenças significativas nos componentes, especialmente no comprimento de espiga, ao utilizar adubação orgânica com cama de frango e adubação mineral.

Em relação a variável Número de Grãos por Fileira não houve resposta significativa para os tratamentos, mas na presença de qualquer fonte de N obteve-se média de 29,14 de grãos por fileira, já no tratamento sem aplicação de N, a média ficou em 25,58. Para o Número de Fileiras por Espiga os dados permaneceram bastante semelhantes, independentemente do tratamento avaliado, resultados similares foram encontrados por Meira et al. (2009), ao avaliarem diferentes fontes minerais de N, não observaram efeitos significativos dos tratamentos para o número de fileiras por espiga. Essa ausência de significância pode ser atribuída à forte associação desses componentes de produção com fatores genéticos e ao híbrido utilizado.

A resposta da cultura do milho à adubação nitrogenada, em sucessão à aveia preta, está intrinsecamente ligada à disponibilidade de nitrogênio no solo. Essa disponibilidade, por sua

vez, é influenciada pelos processos microbianos de imobilização e mineralização que ocorrem durante a decomposição dos resíduos culturais, conforme destacado por Adami (2011). Dessa forma, é possível associar os resultados obtidos no estudo por meio desse fator, uma vez que o tratamento com 100% do N via DLS, que apresenta nitrogênio prontamente disponível para as plantas, demonstrou numericamente a maior produtividade (Tabela 3).

Quanto a matéria seca da parte aérea de plantas, a adição de N independente da fonte, nas médias dos tratamentos com adição de N, incrementou em 16,5% a massa seca de plantas da parte aérea no comparativo a testemunha. Dentro desse mesmo contexto e para a variável produtividade final de grãos, esse incremento foi de 10,8%.

Observa-se que a produtividade onde não houve aplicação de Nitrogênio atingiu 7235,95 kg ha⁻¹, enquanto a média dos tratamentos onde houve aplicação de Nitrogênio, independentemente da fonte utilizada, alcançou 7985,76 kg ha⁻¹, representando um acréscimo de 749,81 kg ha⁻¹. Esses resultados destacam a importância da utilização de fontes nitrogenadas na cultura do milho, dado que se trata de uma cultura do tipo C4 e altamente responsiva à adubação nitrogenada.

Nessa mesma linha de estudo com resíduos da produção animal no fornecimento de N para o milho, Giacomini e Aita (2008), obtiveram resultados similares ao deste estudo, sendo que visualizaram aumento na produtividade de grãos de milho por meio dos resíduos orgânicos dejetado líquido de suínos e cama sobreposta, comparado com a testemunha, porém quando comparado a adubação mineral, a mesma se sobressaiu aos resíduos.

Quando analisado nesse estudo, a aplicação dos resíduos de forma isolada, ambos foram superiores numericamente a adubação mineral, resultado semelhante, foi encontrado por Silva et al. (2008), no qual o emprego de resíduos orgânicos impulsionou um aumento significativo na produtividade de grãos, demonstrando a importância do uso de fontes orgânicas de nutrientes no manejo da fertilidade do solo para o cultivo do milho.

Os resultados de Seidel et al. (2010) mostram que não houve diferença significativa na produtividade do milho ao comparar a aplicação de dejetado líquido de suíno com a adubação mineral. Da mesma forma, Sistani et al. (2008), não encontraram diferenças na produtividade do milho ao utilizar cama de aves em relação à adubação mineral, resultados semelhantes aos encontrados nesse estudo.

A adubação orgânica, ao contrário da abordagem química convencional, destaca-se por proporcionar uma elevada disponibilidade de nutrientes essenciais mais ao longo do ciclo para as plantas de milho. Estes resíduos atendem de maneira eficaz às exigências tanto de

macronutrientes quanto de micronutrientes, contribuindo para um crescimento vigoroso e saudável das plantas, além de maximizar os efeitos benéficos a longo prazo (Freire, 2020).

De acordo com Konzen (2003), o dejetos líquido de suínos e a cama de aves possuem potencial para se tornarem fertilizantes eficientes e seguros no contexto da produção de grãos e pastagem. Contudo, é crucial destacar que sua utilização deve ser precedida por medidas de preservação ambiental, garantindo a proteção do ecossistema antes do processo de reciclagem. Além disso, vale ressaltar que os benefícios econômicos associados aos sistemas de produção de grãos, nos quais se integram os resíduos de suínos e a cama de aves são muitos, por serem de fácil acesso e com custo baixo. Essa constatação reforça a viabilidade não apenas em termos de sustentabilidade ambiental, mas também sob uma perspectiva econômica, destacando a relevância desses subprodutos na otimização dos sistemas agrícolas.

A substituição da adubação mineral pela orgânica é uma alternativa para a redução dos custos de produção de milho. Essa perspectiva ganha força no contexto estadual, em que a expressiva produção de suínos e aves resulta em uma considerável disponibilidade de resíduos. Esses resíduos, quando utilizados na adubação orgânica, não apenas viabilizam uma gestão mais econômica, mas também fomentam a adoção de modelos de produção agrícola mais sustentáveis.

5 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que as fontes de N contribuíram para o aumento da produtividade de grãos de milho, quando utilizadas de forma isolada e/ou associada, onde numericamente todas produziram mais que a testemunha. Esses resultados indicam que a aplicação de cama de aves e dejetos líquidos de suínos são alternativas viáveis para substituir total ou parcialmente a adubação mineral de nitrogênio na cultura do milho

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, P. F. Grazing intensities and poultry litter fertilization levels on corn and black oat yield. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 3, p. 360-368, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/rVfgg39Cc4rQCJKsy4DQRwf/?lang=en>. Acesso em: 22 nov. 2023

ADAMI, P. F. **Intensidades de pastejo e níveis de cama de aviário em sistema de integração lavourapecuária**. 2012. 111 p. Tese (Doutor em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BASSO, C. J., et al. Perdas de nitrogênio de dejetos líquidos de suínos por volatilização de amônia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1773-1778, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/sBgyDmjM9WpJRPnpdJmdNbg/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 27 set. 2023.

BOTEGA, J. L. **Compostagem e caracterização físico-química de substrato de cama de aviário: estudo de caso**. 2019. 92 p. Dissertação (Mestre em Tecnologias Ambientais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, PR, 2019.

BRATTI, F. C. **Uso Da Cama De Aviário Como Fertilizante Orgânico Na Produção De Aveia Preta E Milho**. 2013. 70 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, PR, 2013.

CAMPOS, S. A., et al. Uso de cama aviária na produção de milho e qualidade da silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 3, p. 373-387, 2017. Disponível em: <https://rbms.abms.org.br/index.php/ojs/article/view/644/pdf>. Acesso em: 22 nov. 2023.

CARDOSO, B. F.; OYAMADA, G. C.; SILVA, C. M. Produção, Tratamento e Uso dos Dejetos Suínos no Brasil. **Desenvolvimento Em Questão**, v. 13, n. 32, p. 127-145, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/752/75241745007.pdf>. Acesso em: 27 set. 2023.

COBUCCI, T. **Efeitos de doses e épocas de aplicação em cobertura do adubo nitrogenado no consórcio milho-feijão**. Viçosa: UFV, 1991. 94p. (Tese- Doutorado em Fitotecnia).

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira - Grãos**. Safra 2022/2023. Décimo levantamento. Brasília. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 03 ago. 2023.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Histórico mensal agroconab**. Brasília. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-agroconab>. Acesso em: 15 set. 2023.

CORRÊA, C. C.; MIELE, M. **A cama de aves e os aspectos agrônômicos, ambientais e econômicos. Manejo ambiental na avicultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. p. 152. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 149). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57059/1/a-cama-de-aves-e-os-aspcteos.pdf>. Acesso em: 22 set. 2023.

CUNHA, N. G., et al. **Estudos de Solos do Município de Frederico Westphalen, RS.** Embrapa Clima Temperado, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/45561/1/CIRCULAR-TECNICA-116.pdf>. Acesso em: 25 out. 2023.

DAGA, J., et al. Desempenho do milho em função da adubação química e orgânica. **Synergismus scyentifica** UTFPR, Pato Branco - PR, n. 4, p. 3,. 2009.

CQFS. Comissão de química e fertilidade do solo – RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 11. ed. Porto Alegre: SBCS-Núcleo Regional Sul, 2016. 376 p.

DEMARI, G. H., et al. Cama de aves como alternativa para adubação nitrogenada em trigo. **Revista cultivando o saber**, v. 9, n. 2, p. 224-242, 2016. Disponível em: https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/57bb33c3ea1bd.pdf. Acesso em: 27 set. 2023.

DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C. **Importância Socioeconômica.** Embrapa Milho e Sorgo, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica>. Acesso em: 05 ago. 2023.

FERREIRA, D. F. **Programa Sisvar versão 5.6.** Lavras: Departamento de Ciências Exatas da Universidade Federal de Lavras, 2015.

FIGUEIREDO, C. C., et al. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 279-287, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/vKfrymzt95FHWHY8XNkzgw8p/>. Acesso em: 04 ago. 2023.

FREIRE, C. F. M. **Esterco avícola como alternativa de adubação no plantio da cultura do milho.** 2020. 84 p. Dissertação (Mestre em Ciências e Inovação Tecnológica) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2020.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C. Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 195-205, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/sjK8Bz7yBrTDyxWvZh5csGt/?format=pdf>. Acesso em: 22 nov. 2023

GOULART, E. C., et al. Uso de cama de aves na adubação da cultura do milho. **Centro Científico Conhecer**, v. 11 n. 22 p. 2742, 2015. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2015c/agrarias/uso%20de%20cama%20de%20aves.pdf>. Acesso em: 27 set. 2023.

GUIMARÃES, G., et al. Produção de cana-de-açúcar adubada com cama de frango. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v. 17, n. 4, p. 617-625, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/8f7t4HhkkH8XnGvLTxLHvzw/#>. Acesso em: 27 set. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agropecuária.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/rs>. Acesso em: 29 nov. 2023.

KONZEN, E. A. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. Embrapa Milho e Sorgo, 2003. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/487547/fertilizacao-de-lavoura-e-pastagem-com-dejetos-de-suinos-e-cama-de-aves>. Acesso em: 22 nov. 2023

LANGNER, J. A., et al. Maize: Key agricultural crop in food security and sovereignty in a future with water scarcity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 9, p. 648-654, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/8tMqb9tKX5qXN5yXh48h85y/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 15 set. 2023.

MAR, G. D. **Efeito de doses e época de aplicação de uréia no milho safrinha**. 2001. 66 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2001.

MEIRA, F. A. **Fontes e modos de aplicação do nitrogênio na cultura do milho**. 2006. 52p. Tese (Doutorado em agronomia: sistemas de produção) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Ilha Solteira, 2006.

MEIRA, F. A., et al. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 02, p. 275-284, 2009.

MERGENER, R. A., et al. Produtividade e lucratividade do milho afetadas pela aplicação de fontes e doses de nitrogênio. **Semina: Ciências Agrárias. Londrina**, v. 43, n. 4, p. 1457-1468, jul./ago. 2022. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/44823/31789>. Acesso em: 22 set. 2023.

MIYAZAWA, M.; BARBOSA, G. M. **Dejeto líquido de suíno como fertilizante orgânico: método simplificado**. Londrina: Iapar, 2015. Disponível em: https://www.sistемаfaep.org.br/wp-content/uploads/2015/02/dejeto_suinoa-1.pdf. Acesso em: 27 set. 2023.

OVIEDO-RONDÓN, E. O. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 239-252, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/pPRGCzxhPLQXszg9wHdFNJB/?lang=en>. Acesso em: 27 set. 2023.

PAVINATO, P. S., et al. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/5DBXBt9DKkjmhvwtM6yxQBJ/?format=pdf>. Acesso em: 22 set. 2023.

RAFAEL, J. A. **Coberturas vegetais e seus efeitos nas características agronômicas do milho (*Zea mays* L.)**. 2021. 61 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 2021.

REINA, E., et al. Efeito de doses de esterco bovino na linha de semeadura na produtividade de milho. **Revista Verde de Agroecologia**, v. 5, n. 5, p. 158-164, 2010. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/427>. Aceso em: 22 nov. 2023.

REIS, I. S., et al. **Elementos da natureza e propriedades do solo** (avaliação de produtividade do milho utilizando fontes alternativas de adubação). Vol. 3. Atena Editora. Ponta Grossa, 2018.

RIBEIRO, B. S. M. R., et al. **Ecofisiologia do milho visando altas produtividades**. 1. ed. Santa Maria, 2020. 230 p.

ROCHA, C. G; CARDOSO, A. A. Gases de nitrogênio reativo como precursores do aerossol atmosférico: reações de formação, processos de crescimento e implicações ambientais. **Química Nova**, v. 44, n. 4, p. 460-472, 2021. Disponível em: https://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=9245. Acesso em: 22 set. 2023.

SANGOI, L., et al. Acúmulo de fitomassa do milho após o espigamento em função do parcelamento da cobertura nitrogenada. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.18, n.1, p. 61-73, 2019. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/viewFile/1021/1409>. Acesso em: 15 set. 2023.

SANGOI, L., et al. Lixiviação De Nitrogênio Afetada Pela Forma De Aplicação Da Ureia E Manejo Dos Restos Culturais De Aveia Em Dois Solos Com Texturas Contrastantes. **Ciência Rural**, v. 33, n. 1, p. 65-70, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/J6ztdjBwxXsZ5BfYfvVWCXw/>. Acesso em: 06 ago. 2023.

SANTOS, L. B., et al. Substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango na sucessão aveia/milho. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 272-281, 2014. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/17979>. Acesso em: 06 ago. 2023.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; NESI, C. N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 123-131, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/MxGnZrDV7MVVrMDRnCv4NsN/?lang=pt>. Acesso em: 06 ago. 2023.

SCHLÖSSER, O. D. **Desempenho agrônomo de híbridos de milho associado ao uso de fungicida em anos de la niña**. 2023. 49 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2023.

SEIDEL, E. P., et al. Aplicação de dejetos de suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Technology**, v. 32, n. 2, p. 113-117, 2010. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/5312/5312>. Acesso em: 06 ago. 2023.

SILVA, R. G., et al. Produtividade de variedades de milho nos sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 2, p. 78-85, 2008. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2371/237117611010.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2023.

SISTANI, K. R.; SIKORA, F. J.; RASNAKE M. Poultry litter and tillage influences on corn production and soil nutrients in a Kentucky silt loam soil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 98, n. 2, p.130-139, 2008. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167198707001961>. Acesso em: 22 nov. 2023

SORATTO, R. P., et al. Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 511-518, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/v7DkYFhkgwmZFqrT6XjWSgR>. Acesso em: 22 nov. 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e Desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. cap. 9, p. 245 - 268.

TASCA, F. A., et al. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 493-502, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/sLFYvMczLq4rf95RKL6YdTJ/>. Acesso em: 04 ago. 2023.

USDA. United State Department of Agriculture. **Corn 2023 World Production**. Disponível em: <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=0440000>. Acesso em: 05 ago. 2023.