

UNIGUAÇU – UNIÃO DE ENSINO SUPERIOR DO IGUAÇU LTDA.  
ENGENHARIA AGRONÔMICA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

MICKAEL PERON

**PRODUTIVIDADE DE SOJA SOB A APLICAÇÃO DE DEJETOS  
LÍQUIDOS DE SUÍNOS (DLS)**

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU - PR

2024

MICKAEL PERON

## PRODUTIVIDADE DE SOJA SOB A APLICAÇÃO DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS (DLS)

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Agrônoma da Faculdade  
UNIGUAÇU.

Orientador: Me. Max Sander Souto.

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU - PR

2024



4.0 Internacional

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

## TERMO DE APROVAÇÃO

MICKAEL PERON

### PRODUTIVIDADE DE SOJA SOB A APLICAÇÃO DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS (DLS)

**Trabalho de Conclusão de Curso** em Engenharia Agrônômica apresentado, sob a orientação do professor Me. Max Sander Souto, aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel no curso de Engenharia Agrônômica da Faculdade UNIGUAÇU, pela seguinte banca examinadora:

---

Professor Orientador Me. Max Sander Souto  
Faculdade UNIGUAÇU

---

Professor Esp. Fernando Cologni  
Faculdade UNIGUAÇU

---

Professor Dr. Pablo Coutinho  
Faculdade UNIGUAÇU

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU, 23 DE OUTUBRO DE 2024.

A folha devidamente assinada está sob guarda da secretaria do curso.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e pelas oportunidades de evoluir pessoal e profissionalmente.

Aos meus pais, pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência.

A todos os professores que contribuíram para meu aprendizado.

A professora Dra. Graciela Maiara Dalastra, pela exímia coordenação do curso, e auxílio na execução do estudo.

Em especial ao professor orientador Me. Max Sander Souto, pelos valiosos conhecimentos práticos, conselhos profissionais e pela influência na escolha do tema para este estudo.

## EPÍGRAFE

"Tudo o que passa pela terra, seja homem,  
animal ou planta, tem que retornar à terra."

Wendell Berry

## RESUMO

A cultura da soja é uma das principais do mundo, essencial para a produção de alimentos e matérias-primas. Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial do dejetos líquido de suínos (DLS) como fonte alternativa de nutrientes na adubação da soja, comparando sua eficiência em relação à adubação mineral. O estudo foi conduzido em uma propriedade rural no Paraná, Brasil, onde foram realizados experimentos com diferentes formas de adubação, incluindo DLS, adubação mineral e a combinação de ambos. Os resultados indicaram que o uso de DLS, isolado ou combinado, proporcionou maior produtividade em comparação à adubação mineral exclusiva, além de reduzir os custos com insumos. Do ponto de vista econômico, o DLS demonstrou ser uma alternativa estratégica, especialmente em momentos de alta nos preços dos fertilizantes. O uso de DLS contribuiu para a gestão sustentável dos resíduos suínos, reduzindo o impacto ambiental. Conclui-se que o DLS é uma opção viável para a adubação da soja, integrando sustentabilidade e economia.

Palavras-chave: fertilidade, suinocultura, Glycine max, adubação.

## **ABSTRACT**

Soybean is one of the most important crops worldwide, essential for food and raw material production. This study aimed to evaluate the potential of swine slurry (DLS) as an alternative nutrient source in soybean fertilization, comparing its efficiency to mineral fertilization. The research was conducted on a rural farm in Paraná, Brazil, where experiments were carried out using different fertilization treatments, including DLS, mineral fertilizers, and their combination. The results showed that the use of DLS, either alone or in combination, led to higher productivity compared to exclusive mineral fertilization, in addition to reducing input costs. From an economic standpoint, DLS proved to be a strategic alternative, especially during periods of rising fertilizer prices. The use of DLS contributes to the sustainable management of swine waste, reducing environmental impact. It is concluded that DLS is a viable option for soybean fertilization, integrating sustainability and economic efficiency.

Keywords: fertility, pig farming, Glycine max, fertilization.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Determinação da densidade do dejetto líquido de suínos (DLS) através do hidrômetro de Bouyoucos.....	27
Figura 2 - Disposição dos pontos de coleta de solo nas parcelas experimentais para análise de nutrientes. ....	28
Figura 3 - Procedimento de colheita das amostras nas parcelas experimentais de soja. ....	29
Figura 4 - Comparação da altura das plantas de soja nos diferentes tratamentos de adubação.....	32
Figura 5 - Sistema radicular de plantas: adubo mineral e DLS. ....	33
Figura 6 - Relação entre custo de adubação e produtividade da soja para diferentes tratamentos de nutrientes.....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos de adubação utilizados no experimento: Testemunha, Adubo Mineral, DLS e combinações. ....	26
Tabela 2 - Principais características da cultivar de soja Pioneer® 96R10 IPRO utilizada no experimento.....	28
Tabela 3 – Análise estatística para valores de população de plantas por hectare, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de mil grãos (PMG) obtidos nos tratamentos. ....	31
Tabela 4 - Produtividade média de soja em diferentes tratamentos de adubação. ....	34
Tabela 5 - Correlação entre variáveis agrônômicas e fatores de produtividade na cultura da soja. ....	35
Tabela 6 - Média de extração e exportação de nutrientes pela cultura da soja em quilogramas por tonelada. ....	37
Tabela 7 - Balanço de nutrientes no solo: extração, reposição e saldo estimado após o ciclo da cultura de soja. ....	38
Tabela 8 - Comparação dos níveis de Fósforo (P) e Potássio (K) no solo antes e após o ciclo da cultura de soja. ....	38
Tabela 9 - Comparação de custos de adubação e produtividade da soja em tratamentos com diferentes formas de adubação. ....	39

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A. M.	Adubação Mineral
Al	Alumínio
DLS	Dejeto Líquido de Suínos
Ha	Hectare
K	Potássio
KCL	Cloreto de Potássio
Mg	Magnésio
N	Nitrogênio
NPK	Nitrogênio, Fósforo e Potássio (macro elementos fertilizantes)
P	Fósforo
PIB	Produto Interno Bruto
PMG	Peso de mil de Grãos
SISVAR	Sistema de Análise Estatística para Dados Agronômicos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>14</b>
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
3.1 OBJETIVO GERAL .....	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>4 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
4.1 A CULTURA DA SOJA .....	16
4.2 PANORAMA DA PRODUÇÃO DE SOJA E SUA IMPORTÂNCIA NO BRASIL ..	17
4.3 COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA SOJA .....	19
4.4 ADUBAÇÃO NA CULTURA DA SOJA.....	19
4.4.1 Extração e Exportação de Nutrientes. ....	21
4.5 DEJETO LÍQUIDO DE SUINOS (DLS) .....	22
4.5.1 Composição NPK do DLS.....	23
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	25
5.2 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	25
5.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	28
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>31</b>
6.1 ATENDIMENTO AO OBJETIVO ESPECÍFICO A .....	31
6.2 ATENDIMENTO AO OBJETIVO ESPECÍFICO B .....	37
6.3 ATENDIMENTO AO OBJETIVO ESPECÍFICO C .....	39
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>43</b>
<b>ANEXO 1</b> .....	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura desempenha um papel fundamental na sociedade, sendo responsável por suprir a demanda global por alimentos, fibras e matérias-primas (KLEIN, 2019). Nesse contexto, a cultura da soja (*Glycine max*) assume uma posição de destaque, sendo um dos principais cultivos agrícolas do mundo, com relevância econômica e nutricional para diversas regiões. A busca por práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes é essencial para atender à crescente demanda por alimentos, ao mesmo tempo em que se preserva o meio ambiente e se assegura a viabilidade das atividades agrícolas para as gerações futuras (EMBRAPA, 2018).

A adubação é um dos fatores para o sucesso da produção agrícola, fornecendo os nutrientes necessários para o desenvolvimento saudável das plantas e, conseqüentemente, para o aumento da produtividade (PLACIDO, 2020). Historicamente, a adubação química tem sido amplamente utilizada, proporcionando resultados positivos na produção de várias culturas. No entanto, essa prática pode gerar impactos ambientais negativos, como a contaminação do solo e dos recursos hídricos, e representar um custo significativo para os agricultores (CIVITEREZA, 2021).

Ao mesmo tempo, a produção de suínos é uma atividade relevante no setor agropecuário, sendo o Paraná um dos maiores produtores e exportadores de carne de suínos do Brasil. No entanto, o crescimento dessa indústria também traz desafios relacionados à gestão dos resíduos gerados, em especial, os dejetos suínos (MIYAZAWA; BARBOSA, 2015). A destinação adequada desses resíduos é uma preocupação constante, uma vez que, quando mal manejados, podem causar sérios problemas ambientais, além de afetar a saúde pública e a qualidade de vida das comunidades rurais (OLIVEIRA, 1993).

Nesse contexto, a utilização de dejetos suínos como complemento ou substituto da adubação química na cultura da soja surge como uma alternativa promissora, capaz de enfrentar tanto o desafio da sustentabilidade agrícola quanto o problema de destinação adequada dos resíduos da suinocultura. A valorização dos dejetos suínos como fonte de nutrientes pode reduzir a dependência de fertilizantes químicos e contribuir para a reciclagem de nutrientes, promovendo uma abordagem mais sustentável e integrada na produção agrícola (MIYAZAWA; BARBOSA, 2015).

Diante desta perspectiva, surge o questionamento: “É economicamente viável utilizar o DLS (Dejeto líquido de suínos) como complemento ou até mesmo substituto da adubação mineral na produção da soja?” Para responder à esta questão, foram realizados estudos comparativos entre diferentes sistemas de adubação, avaliando a eficiência agrônômica em relação ao custo e produtividade obtida. Os resultados desta pesquisa fornecem subsídios científicos para auxiliar a tomada de decisão dos produtores rurais.

Ademais, destaca importância da utilização sustentável dos recursos disponíveis na agropecuária, promovendo a valorização dos dejetos suínos como alternativa viável e ecologicamente responsável para a adubação da soja, contribuindo para a busca de soluções inovadoras e sustentáveis no âmbito da agricultura, integrando os setores da produção de suínos e da produção de grãos, haja vista que o método de adubação pode ser utilizado em diversas culturas, visando aprimorar a produtividade agrícola de forma responsável e consciente, em harmonia com a preservação dos recursos naturais e a promoção do desenvolvimento socioeconômico nas comunidades rurais.

## 2 JUSTIFICATIVA

A agricultura é uma atividade essencial para a produção de alimentos e para o sustento de milhões de pessoas em todo o mundo. A demanda crescente por produtos agrícolas e a alta dos custos de produção observada nos últimos anos, tem pressionado os sistemas produtivos, resultando em desafios para os agricultores, como a necessidade de aumento da produtividade com redução de custos e o emprego de práticas sustentáveis (EMBRAPA, 2018).

Nesse contexto, a cultura da soja assume uma importância significativa, sendo uma das principais culturas agrícolas de valor econômico e nutricional. Para maximizar a produção de soja, a adubação desempenha um papel crucial ao fornecer os nutrientes necessários para o desenvolvimento saudável das plantas (PLACIDO, 2020). No entanto, a adubação mineral convencional pode gerar impactos negativos ao meio ambiente, como o desequilíbrio químico a longo prazo, além de ser responsável por grande parte do custo de produção das culturas (CIVITEREZA, 2021).

Simultaneamente, uma das preocupações crescentes na produção agropecuária intensiva, está relacionada à destinação correta dos dejetos gerados por estas atividades. A falta de um manejo adequado pode resultar em problemas ambientais sérios, como a poluição do solo e dos cursos de água, além de gerar potenciais riscos para a saúde humana e animal. Diante dessa realidade, torna-se imprescindível encontrar soluções sustentáveis para o tratamento e aproveitamento desses resíduos (MIYAZAWA; BARBOSA, 2015).

Desta forma, a utilização de dejetos suínos como fonte de nutrientes para culturas agrícolas surge como uma alternativa promissora e relevante. Portanto, este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo avaliar a produtividade da soja com o uso de DLS em substituição parcial ou total da adubação mineral na cultura da soja, aferindo seus impactos na produtividade.

Por meio desta pesquisa, buscou-se evidenciar benefícios do manejo proposto, tanto para a produção agrícola, com viés financeiro, quanto para o meio ambiente, promovendo uma abordagem integrada e consciente na busca por uma agricultura mais eficiente e sustentável.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

O presente estudo almeja avaliar a produtividade da soja com o uso de dejetos líquidos de suínos (DLS) em substituição parcial e total da adubação mineral na produtividade da cultura da soja.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Para alcançar o objetivo geral faz-se necessário realizar os seguintes procedimentos:

- a) Avaliar a produtividade da cultura nos diferentes tratamentos propostos.
- b) Verificar ocorrência de alterações nos níveis de fósforo e potássio do solo após o ciclo da cultura.
- c) Analisar as implicações econômicas e ambientais da substituição da adubação mineral pelo DLS.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 A CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max*) é atualmente um dos principais pilares do agronegócio, representando um valor significativo para os agricultores e cerealistas, contribuindo de forma substancial para o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil. O Brasil ocupa o posto de maior produtor mundial, com aproximadamente 40 milhões de hectares cultivados, uma posição que, até alguns anos atrás, estava atrás apenas dos Estados Unidos da América (CONAB, 2021).

A safra de soja do Brasil para o período 2023/24 está prevista para atingir um recorde de 162,4 milhões de toneladas. A produção de soja no estado do Paraná está estimada em 21,9 milhões de toneladas, correspondendo a aproximadamente 14% da produção nacional do grão. Nesse cenário, o estado ficou em segundo lugar, sendo superado apenas pelo Mato Grosso, responsável por 29% da produção de soja no Brasil (CONAB, 2023) .

A soja (*Glycine max* L. Merri) é uma planta herbácea pertencente à classe *Rosidaeae*, à ordem *Fabales* e à família *Fabaceae*, que também engloba plantas como feijão, lentilha e ervilha no grupo das leguminosas. Está oleaginosa faz parte da subfamília *Papilionoideae*, tribo *Phaseoleae*, gênero *Glycine* L., espécie *Glycine max* (NEPOMUCENO; FARIAS; NEUMAIER, 2017).

A origem da soja é atribuída à região noroeste da Ásia. É uma cultura amplamente difundida em diversos países ao redor do mundo, incluindo o Brasil, onde foi introduzida por volta de 1882 no estado da Bahia (LANGE, 2008). Ao longo de algumas décadas, a soja passou a ser cultivada em vários estados brasileiros, tornando-se uma cultura de grande importância tanto para a agricultura do país quanto para a economia (LANGE, 2008; GAZZONI, 2018).

A indústria brasileira consome anualmente mais de 30 milhões de toneladas de soja, resultando na produção de aproximadamente 6 milhões de toneladas de óleo comestível e cerca de 23 milhões de toneladas de farelo proteico. Este farelo é posteriormente utilizado na produção de carne bovina, suína, ovos, leite, entre outros produtos. A soja brasileira é reconhecida por sua alta qualidade e pode ser exportada para países da União Europeia e Japão, que são considerados os mercados mais exigentes em relação à qualidade dos grãos (MAPA, 2012).

Além de suas aplicações tradicionais, a soja brasileira está cada vez mais sendo utilizada na produção de biodiesel, um combustível considerado sustentável, pois contribui para a redução das emissões de gases do efeito estufa. A questão das emissões de gases do efeito estufa tem sido uma preocupação global ao longo de vários anos (GUIMARÃES; BERALDO, 2017).

No cenário internacional, a demanda por soja continua a crescer, em grande parte devido ao elevado consumo desse produto na China. Isso significa que as exportações brasileiras ainda possuem um potencial significativo de expansão (SOUZA; BITTENCOURT, 2020).

#### 4.2 PANORAMA DA PRODUÇÃO DE SOJA E SUA IMPORTÂNCIA NO BRASIL

A introdução da soja no Brasil remonta a 1882, conforme indicado por Lange (2008). No entanto, foi a partir da década de 1950 que a cultura ganhou destaque, principalmente no estado do Rio Grande do Sul, devido à adaptação bem-sucedida das variedades trazidas dos Estados Unidos a essa região (SEDIYAMA, 2016). A partir da década de 1970, a soja ascendeu como a principal cultura do agronegócio brasileiro, registrando um significativo aumento na produção e seu uso em larga escala pela agroindústria (PROQUE, 2019).

Após essa adaptação bem-sucedida no sul do Brasil, o cultivo de soja expandiu-se para as regiões centro-oeste e norte do país, incluindo os estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Maranhão e Piauí. Isso foi possibilitado por avanços no melhoramento genético e na mecanização das lavouras, viabilizando o cultivo em larga escala em áreas que anteriormente eram consideradas impraticáveis (BISINOTTO, 2013). Por volta do ano 2000, pesquisas começaram a desenvolver novas tecnologias e técnicas de manejo, impulsionando ainda mais a produção de soja no Brasil (PROQUE, 2019).

A trajetória do cultivo de soja no Brasil foi fortemente influenciada por dois fatores-chave: a crescente demanda do mercado consumidor e a pressão por práticas agrícolas mais sustentáveis com menor impacto ambiental. Esses fatores impeliram o setor agrícola brasileiro a se desenvolver, incorporando novas tecnologias e práticas de manejo, resultando em melhorias significativas na produtividade e na capacidade de expansão para regiões e climas anteriormente considerados desafiadores para o cultivo de soja (GAZZONI, 2018).

Como resultado, as lavouras brasileiras têm continuado a evoluir, alcançando níveis crescentes de produtividade e qualidade dos grãos ano após ano (SILVA, 2016). A soja ocupa uma posição de destaque no Brasil, tanto em termos de extensão de área cultivada quanto em volume produzido (PROQUE, 2019).

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento, a área destinada ao cultivo de soja já ultrapassou a marca de 36 milhões de hectares e a produção total já ultrapassou os 120 milhões de toneladas na safra de 2019/2020, sendo a maior safra histórica (CONAB, 2021).

As Regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil, juntas, desempenham um papel preponderante na produção de soja no país, contribuindo com impressionantes 80% da produção total (CONAB, 2019). Conforme documentado por Balbinot (2017), dados revelam que, em média, o Brasil tem incrementado sua produção em cerca de três milhões de toneladas por ano, refletindo o aumento das áreas cultivadas e o aprimoramento dos níveis de produtividade.

Franchini (2016) observa que se destacam estados como Mato Grosso, o maior produtor de soja, e o Paraná, que também se destaca pelo alto desempenho em produtividade e qualidade. No entanto, é importante notar que o Paraná já não dispõe de áreas significativas para expansão de sua produção.

Apesar do elevado volume de produção, a demanda por soja continua em crescimento. O mercado da soja brasileira se divide essencialmente em duas vertentes principais: a exportação de grãos e o processamento do grão para a obtenção de óleo de soja e farelo de soja, conforme relatado pela CONAB (2019).

No cenário global, a produção mundial de soja estima-se que já ultrapasse a marca de 336 milhões de toneladas, de acordo com Hirakuri (2017). No âmbito internacional, o mercado da soja é dominado por três principais exportadores: Brasil, Estados Unidos e Argentina, como também mencionado pelo mesmo autor. No que diz respeito às importações, a China se destaca como o principal comprador e apresenta um considerável potencial de crescimento na demanda por essa commodity (CONAB, 2021).

Diante dessa crescente demanda pelo produto, a agricultura brasileira tem se esforçado para se desenvolver e manter sua posição entre os maiores produtores de soja do mundo, reforçando a importância estratégica desse setor para a economia brasileira (VIRGÍLIO, 2017).

### 4.3 COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA SOJA

A produtividade da soja no Brasil tem experimentado melhorias significativas nos últimos anos, o que resulta em maior rentabilidade para os agricultores (COLUSSI, 2016).

Para aprimorar as técnicas de cultivo, é fundamental compreender a produtividade da soja e seus diversos aspectos, é necessário analisar os componentes de produção, ou seja, as características de cada variedade que a tornam mais ou menos produtiva em determinadas condições edafoclimáticas (DALCHIAVON; CARVALGO, 2012).

Existem vários componentes de produção que podem influenciar o desempenho da soja, como o peso de cem ou mil grãos, o número de grãos por vagem e por planta, o número de vagens nas hastes principais e secundárias, o total de vagens na planta, o número de ramificações, a densidade populacional, a altura das plantas, a altura de inserção da primeira vagem, entre outros (MELO, 2018).

A avaliação desses componentes de produção é de extrema importância, uma vez que pequenas variações neles podem ter um impacto significativo na produtividade de uma área (DALCHIAVON; CARVALGO, 2012).

O conhecimento e a análise dos componentes de produção permitem propor ajustes relativamente simples, como alterações na densidade populacional, aplicação de cobertura e outros. Estes componentes podem indicar deficiências de nutrientes no solo, que podem ser corrigidas com a aplicação adequada de fertilizantes (NAVARRO; COSTA, 2002).

De acordo com Braz (2010), o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem são os componentes que mais impactam nos resultados de produtividade da soja. A época de semeadura e o espaçamento entre linhas também são citados como fatores de alto impacto nos níveis de produtividade da cultura da soja (BALENA, 2016).

### 4.4 ADUBAÇÃO NA CULTURA DA SOJA

Na produção agrícola, a obtenção de altos índices de produtividade é essencial e depende em grande parte de uma adubação eficiente, que mantenha o solo com os níveis adequados de todos os nutrientes necessários para cada cultura. Durante a

colheita, ao retirar biomassa e grãos da lavoura, parte dos nutrientes anteriormente presentes no solo também é removida, tornando necessária a reposição desses nutrientes por meio da aplicação de fertilizantes (CAMARGO, 2012).

É importante salientar que a falta ou o desequilíbrio entre os diversos nutrientes minerais presentes nas plantas pode levar à absorção deficiente de alguns nutrientes e à absorção excessiva de outros. As plantas geralmente absorvem apenas parcialmente os nutrientes aplicados por meio dos fertilizantes, devido a processos como a lixiviação e a fixação no solo (EMBRAPA, 2002).

No início do cultivo intensivo da soja, especialmente no estado do Rio Grande do Sul, havia pouca compreensão das necessidades nutricionais da planta. No entanto, ao longo do tempo, as demandas nutricionais da soja foram sendo estudadas e compreendidas para melhorar o desenvolvimento da cultura e alcançar índices de produtividade superiores (GAZZONI, 2018). Com o desenvolvimento de novas variedades de soja adaptadas a diferentes tipos de solo em todo o país, técnicas de manejo e aplicações de fertilizantes específicos para cada situação foram desenvolvidas e implementadas (SEDIYAMA, 2016).

A agricultura de precisão desempenha um papel importante nesse contexto, permitindo a aplicação de tratamentos e fertilizantes diferenciados em uma mesma lavoura. Isso contribui para a otimização dos insumos agrícolas, aumento da eficiência, elevação da produtividade e maiores ganhos econômicos para os agricultores (NOETZOL, 2019).

Na cultura da soja, diversos nutrientes são essenciais para alcançar índices de produtividade satisfatórios, com destaque para fósforo, nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio, que têm um potencial significativo de influência nos componentes de produção (BORKET, 2005).

Existem várias maneiras de fornecer os nutrientes necessários para a cultura da soja, incluindo o uso de fertilizantes químicos com fórmulas específicas para corrigir deficiências de solo, bem como a adubação orgânica por meio de dejetos de animais, como aves, bovinos ou suínos, sendo estas últimas as mais comuns (CARVALHO, 2011; BLANCO, 2015). Outro ponto importante é a acidez do solo, que representa um fator limitante na produção agrícola devido à presença de alumínio (Al), que restringe o desenvolvimento das raízes das plantas em solos tipicamente ácidos (COLEMAN, 1967).

A aplicação de cálcio nos solos é uma prática amplamente empregada e essencial para a construção da fertilidade do solo. Isso serve como o ponto de partida para a implantação de um sistema de cultivo, que começa com a neutralização da acidez e a correção da fertilidade química. A utilização de cálcio e a neutralização da acidez do solo podem resultar no aumento dos níveis de nutrientes como Fósforo (P) e Potássio (K). É de extrema importância seguir recomendações precisas para a aplicação de cálcio, pois isso garante uma correção adequada da acidez, aumentando assim a eficácia dos fertilizantes (ALCARDE, 1998).

#### 4.4.1 Extração e Exportação De Nutrientes.

A demanda nutricional das culturas pode ser estimada a partir de estudos sobre a extração e exportação de nutrientes. A extração representa a quantidade total de nutrientes que a planta absorve ao longo do seu ciclo, enquanto a exportação é a fração desses nutrientes que é retirada na colheita, como no caso da soja, nos grãos (GODOY, 2021).

Cultivares modernas de soja, que alcançam maiores rendimentos exigem grandes quantidades de nutrientes. Para garantir esses altos rendimentos, é fundamental revisar o manejo nutricional, assegurando o fornecimento adequado de nitrogênio, fósforo, potássio e outros nutrientes essenciais, ajustando-os conforme as necessidades específicas de cada cultivar (GUIDORIZZI, 2023).

A absorção de nutrientes pela soja é baixa no início de seu ciclo, aumentando significativamente entre o 30º dia e o estágio R5 (CAMELLO; OLIVEIRA, 2006). As principais demandas nutricionais, em ordem decrescente, são nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre. A quantidade de cada nutriente e a taxa de exportação variam conforme a cultivar, fertilidade do solo e manejo adotado (EMBRAPA, 2001).

Estudos mostram que as variedades modernas de soja extraem mais nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio do que as variedades antigas, enquanto a extração de enxofre e cálcio não apresentou mudanças significativas. A mobilidade de nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio é alta, facilitando sua redistribuição dentro da planta, inclusive nos grãos, enquanto enxofre e cálcio têm baixa mobilidade, sendo menos redistribuídos (BERNARDI, 2000).

A introdução dessas novas cultivares resultou em uma maior remoção de nutrientes essenciais, como N, P, K e Mg, o que sugere que esses elementos desempenham um papel crucial no aumento da produtividade. Com o aumento da produtividade, a exportação de nutrientes também cresce, embora de maneira não linear. Esse conhecimento é vital para orientar o manejo da adubação, garantindo um equilíbrio nutricional adequado, evitando tanto deficiências quanto excessos, que podem ter consequências negativas no campo (FUNDAÇÃO MT., 2018).

#### 4.5 DEJETO LÍQUIDO DE SUINOS (DLS)

A produção suinícola tem experimentado um crescimento constante ao longo de vários anos, sobretudo na região sul do país. O Paraná foi responsável por 1,025 milhão de toneladas, um aumento de 9% comparativamente a 2020, ficando atrás apenas de Santa Catarina, que produziu 1,403 milhão de toneladas. Já o Brasil alcançou a cifra de 4,890 milhões de toneladas de carne suína, volume 9% superior ao do ano anterior (SAA-PR, 2021).

O rápido aumento na criação de suínos resultou em uma questão ambiental significativa devido à produção em larga escala de resíduos com potencial poluente elevado. Para mitigar esse problema, uma das abordagens mais sensatas para o descarte final desses resíduos é sua aplicação como fertilizante orgânico. (MIYAZAWA; BARBOSA, 2015)

Os dejetos suínos desempenham um papel fundamental na fertilização do solo. Esses resíduos são ricos em nutrientes e representam um excelente adubo para diversas culturas. No entanto, é crucial adotar cuidados específicos para evitar impactos negativos na produção. Esses resíduos contribuem significativamente para a nutrição das culturas e a saúde do solo, resultando em maior produtividade e redução de custos para os agricultores (SEDIYAMA, 2008).

Como destacado por Durigon (2002), a busca por alternativas mais rentáveis tem levado os agricultores a considerar as aplicações de dejetos suínos como uma verdadeira fonte de nutrientes. No entanto, a utilização desses resíduos requer conhecimentos sólidos em ciência do solo, saúde agrícola, saúde pública e hidrologia.

Dada a considerável quantidade de resíduos gerados pelos suínos, é essencial que sejam devidamente manejados para evitar impactos ambientais negativos. Os principais cuidados a serem observados incluem a gestão adequada da sanidade dos

dejetos, a aplicação na quantidade apropriada para evitar excessos, a prevenção da contaminação das águas subterrâneas e a minimização do risco de queima e toxicidade de certos nutrientes, conforme orientações de (ERNANI, 2001).

#### 4.5.1 Composição NPK do DLS.

De acordo com (MIYAZAWA; BARBOSA, 2015),

O dejetos líquido de suíno (DLS) é constituído de fezes, urina, restos de ração e água de lavagem das instalações. Contém vários nutrientes necessários para o desenvolvimento normal de plantas como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), zinco (Zn) e boro (B), o que o qualifica para uso agrícola, possibilitando ao produtor rural grandes vantagens, como, por exemplo, reduzir a aplicação de fertilizantes minerais; os custos de produção; e os riscos de poluição ambiental.

Os mesmos autores esclarecem ainda que os teores de nutrientes na massa seca do DLS variam muito, mas, em média, estão em torno de: N= 3%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>= 4% e K<sub>2</sub>O: 4%. A viabilidade econômica do uso agrícola dos dejetos de suínos (DLS) está intrinsecamente ligada ao conteúdo de massa seca e à proximidade do local de aplicação. Quanto maior a concentração de massa seca e quanto mais curta a distância de transporte, menor será o custo envolvido. O teor de massa seca é o fator mais crucial para determinar a quantidade de DLS a ser aplicada nas áreas de cultivo.

Nos componentes que originam os dejetos de suínos (fezes, ração e urina), o nitrogênio se encontra na forma de proteínas, aminoácidos e ureia. Durante o processo de maturação na esterqueira, o nitrogênio orgânico passa por uma oxidação anaeróbica, transformando-se em amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Como resultado, a concentração de amônio nos dejetos aumenta com o tempo de maturação. No entanto, uma parte desse amônio é liberada na atmosfera na forma de amônia (NH<sub>3</sub>), um processo que ocorre de maneira mais intensa em dias quentes e secos. A presença de nitrato (NO<sub>3</sub>) na esterqueira é relativamente baixa e se limita aos primeiros cinco centímetros de profundidade, onde ocorre a difusão de oxigênio (O<sub>2</sub>) da atmosfera. A proporção de nitrato em relação ao nitrogênio total varia de 2% a 5%. (MIYAZAWA; BARBOSA, 2015).

A maior parte do fósforo (P) presente nos componentes originais (fezes, urina e resíduos de ração) dos dejetos de suínos (DLS) está na forma orgânica. Entretanto, à medida que ocorre a decomposição microbiológica na esterqueira, uma fração desse fósforo se converte em forma inorgânica (HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). Importante ressaltar que a

decomposição microbológica do fósforo orgânico não sofre processos de oxidação-redução ou perdas significativas por volatilização, como ocorre com o nitrogênio nos DLS. O teor de fósforo nos DLS pode aumentar ao longo do tempo de maturação na esterqueira, devido à perda de massa da matéria orgânica oxidada na forma de  $\text{CO}_2$ , que é liberada para a atmosfera (MIYAZAWA; BARBOSA, 2015).

Ao contrário do nitrogênio (N) e do fósforo (P), o potássio (K) não se encontra em formas orgânicas ou inorgânicas. Este elemento está presente apenas na forma iônica ( $\text{K}^+$ ), e, por essa razão, o período de estabilização dos dejetos de suínos (DLS) na esterqueira não influencia sua forma nem resulta em perdas significativas por volatilização. No que diz respeito ao potássio, o aumento no tempo de estabilização dos DLS pode resultar em um aumento em seu teor, da mesma maneira que ocorre com o fósforo. Isso se deve à perda de massa da matéria orgânica oxidada, que é liberada na forma de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera (MIYAZAWA; BARBOSA, 2015).

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi conduzido em uma lavoura situada no distrito de Aurora do Iguaçu, município de São Miguel do Iguaçu, localizado no extremo oeste do estado do Paraná. A região possui um clima subtropical úmido, com uma altitude de 323 metros acima do nível do mar. A área territorial do município totaliza 851.304 km<sup>2</sup>, dos quais 56.744,59 hectares são dedicados à agricultura (CIDADE-BRASIL, 2023).

A área experimental é caracterizada por um solo do tipo Latossolo vermelho, com uma textura muito argilosa e teor de argila próximo a 65%. A lavoura é cultivada há mais de 20 anos sob o sistema de plantio direto, com sucessão de culturas, predominantemente soja, milho safrinha, aveia, trigo e braquiária.

Devido à proximidade com a granja de suínos do mesmo proprietário, essa área recebe adubação com Dejeito Líquido de Suínos (DLS) há pelo menos 10 anos. No entanto, até o momento, essa prática tem sido realizada sem o devido controle agrônomo para a mensuração precisa da quantidade de nutrientes aplicada, servindo principalmente como um destino para os resíduos da produção animal.

A área frequentemente utiliza o milho para a produção de silagem, prática que resulta na extração significativa de nutrientes do solo, além de contribuir para a compactação e a redução do teor de matéria orgânica. Apesar desses desafios, a área apresenta um histórico positivo de produtividade na cultura da soja e milho frequentemente atingindo níveis de produção iguais ou superiores à média da microrregião.

O solo foi devidamente corrigido com calagem após o último ciclo de cultivo, atendendo às necessidades apontadas na análise do solo.

### 5.2 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado durante a safra de soja 2023/2024, com o plantio ocorrendo em 12 de setembro de 2023 e a colheita das amostras em 18 de janeiro de 2024, totalizando 128 dias de ciclo. O manejo cultural das parcelas experimentais seguiu o padrão utilizado no restante da lavoura, com exceção dos tratamentos de adubação diferenciados aplicados no momento do plantio.

A área de estudo foi subdividida em quatro parcelas experimentais, cada uma medindo 10 metros de comprimento por 4,5 metros de largura, totalizando 45 m<sup>2</sup> por parcela. Foram realizadas cinco repetições para cada tratamento, utilizando um delineamento em blocos casualizados, o que resultou em 20 parcelas experimentais e uma área total de 900 m<sup>2</sup>.

Cada parcela foi submetida a um tipo específico de tratamento, variando o uso de dejetos líquidos de suínos (DLS) em substituição parcial ou total à adubação mineral, conforme descrito a seguir:

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos de adubação utilizados no experimento: Testemunha, Adubo Mineral, DLS e combinações.

TRATAMENTO	Adubação	
	03.21.21 (kg/ha)	D.L.S (m <sup>3</sup> /ha)
Testemunha	0	0
Adubo Mineral	165	0
DLS	0	27,7
A. M. + DLS	165	27,7

Fonte: Autor.

O cálculo da necessidade de adubação foi realizado através de análise do solo (0 a 20cm) e seguindo as recomendações do *Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná* da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. O solo analisado caracterizado como muito argiloso (65%) enquadrou-se como contendo níveis “Muito alto”, tanto para o fósforo como para o potássio. Para necessidade de adubação, baseou-se na produtividade esperada de 4 toneladas por hectare.

Desta forma, a adubação mineral foi aplicada nas devidas parcelas durante o plantio na dose de 165 kg/ha, utilizando a formulação 03-21-21, que contém 3% de nitrogênio (N), 21% de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 21% de potássio (K<sub>2</sub>O), além de micronutrientes. Nas parcelas em que o adubo mineral não foi utilizado, o sistema de distribuição de adubo foi desligado no momento do plantio.

O dejetos líquido de suínos (DLS) utilizado no experimento foi obtido da mesma propriedade, localizada próxima à lavoura. A determinação da quantidade de DLS necessária para suprir a demanda nutricional da soja foi feita utilizando o método de

determinação da Massa Seca por Hidrômetro de Bouyoucos, conforme recomendação do IDR-Paraná, detalhado no ANEXO 1.

A aferição realizada com o hidrômetro indicou uma densidade de  $20 \text{ kg/m}^3$ , como demonstra a figura a seguir:

Figura 1 - Determinação da densidade do dejetos líquido de suínos (DLS) através do hidrômetro de Bouyoucos.



Fonte: Autor.

Desta forma, de acordo com a tabela apresentada no ANEXO , resultando em uma composição estimada de  $1,64 \text{ kg/m}^3$  de nitrogênio total (N),  $1,25 \text{ kg/m}^3$  de fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), e  $0,7 \text{ kg/m}^3$  de potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ).

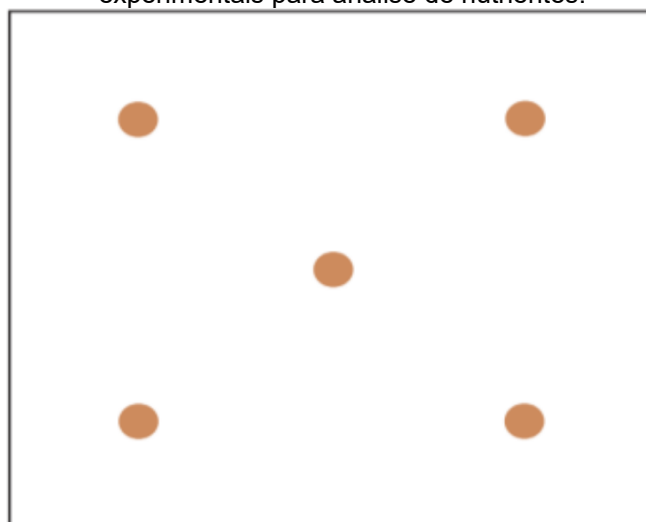
Com base no conteúdo de fósforo dos  $165 \text{ kg/ha}$  de adubo mineral aplicado, que é de  $34 \text{ kg/ha}$ , foi necessário aplicar  $27,7 \text{ m}^3/\text{ha}$  de DLS para atingir a mesma quantidade do nutriente. É importante destacar que a dose de potássio fornecida por essa quantidade de DLS foi de aproximadamente  $19 \text{ kg/ha}$ , inferior à fornecida pela adubação mineral. No entanto, optou-se por manter esta taxa de aplicação de DLS, devido à baixa eficiência operacional do modo de aplicação pelo maquinário disponível, visto que a fim de igualar os  $34 \text{ kg/ha}$  de potássio disponibilizados, seria necessário aplicar  $49,5 \text{ m}^3/\text{ha}$  de DLS.

### 5.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A condução do experimento começou aproximadamente 20 dias antes do plantio da cultura, garantindo tempo adequado para a coleta de amostras de solo de cada parcela, a realização das análises laboratoriais, o cálculo das necessidades de adubação e a aplicação do dejetos líquido de suínos (DLS) nos tratamentos correspondentes, antes do plantio.

A análise do solo foi realizada nas parcelas a uma profundidade de 0 a 20 cm. Foram coletadas cinco amostras simples em cada parcela, que, combinadas, formaram uma amostra composta por parcela. Essas amostras compostas foram enviadas ao laboratório para a determinação dos macronutrientes presentes no solo.

Figura 2 - Disposição dos pontos de coleta de solo nas parcelas experimentais para análise de nutrientes.



Fonte: Autor.

Para implantação do experimento na lavoura, a cultivar de soja utilizada foi a Pioneer® 96R10 IPRO, cujas características se apresentam na tabela a seguir:

Tabela 2 - Principais características da cultivar de soja Pioneer® 96R10 IPRO utilizada no experimento.

Marca	Pioneer®
Cultivar	96R10 IPRO
Hab. Crescimento	Indeterminado
Grupo de maturação	6.1
Altura média	87 cm
PMG	158 g

Fonte: [pioneersementes.com.br](http://pioneersementes.com.br)

O plantio foi efetuado em 12 de setembro de 2023, por meio de semeadura mecanizada, utilizando o sistema de plantio direto sobre palhada residual de brachiaria, estabelecendo uma densidade populacional de 240 mil sementes por hectare, o que equivale a 12 sementes por metro linear.

Os demais manejos, como a aplicação de defensivos, foram uniformemente aplicados em todas as parcelas, seguindo o mesmo padrão utilizado no restante da lavoura.

A colheita das parcelas experimentais ocorreu após 128 dias, sendo realizada manualmente em 18 de janeiro de 2024. Foram coletadas amostras padronizadas em cada parcela, excluindo as áreas de bordadura, com o objetivo de mensurar fatores de produção da soja, tais como a população de plantas, o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem, e o peso dos grãos permitindo assim calcular a produtividade.

Figura 3 - Procedimento de colheita das amostras nas parcelas experimentais de soja.



Fonte: Autor.

As amostras de grãos foram enviadas para análise, constatando-se umidade de 11% em todas as amostras.

Ao final do ciclo da cultura, foram realizadas novas coletas de solo em cada um dos tratamentos, seguindo os mesmos parâmetros da coleta anterior, com o objetivo de verificar possíveis alterações nos níveis de nutrientes no solo. Dessa forma, foi possível avaliar o impacto dos tratamentos aplicados sobre a fertilidade do solo ao longo do cultivo.

Os dados obtidos foram tabelados, e a análise estatística foi realizada utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2019), aplicando o teste de Tukey com nível de significância de 5%.

Também foram observados durante o ciclo da cultura, alguns parâmetros qualitativos, como altura de plantas e desenvolvimento radicular, de forma que foram aleatoriamente extraídas algumas plantas das parcelas experimentais, para avaliação do desenvolvimento, porém sem análises estatísticas destes dados.

Por fim, a análise econômica do experimento considerou o levantamento dos custos de produção de cada sistema de adubação, aliado à respectiva produtividade. O custo da adubação mineral foi obtido através da verificação do custo de aquisição do insumo e a dose utilizada, já para o DLS, considerou-se o valor referente à sua aplicação, visto que este é resíduo da suinocultura, estando disponível na propriedade e sem valor comercial.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 ATENDIMENTO AO OBJETIVO ESPECÍFICO A

Para atendimento do objetivo do estudo, avaliando a produtividade da soja com o uso de DLS em substituição parcial e total da adubação mineral na produtividade da cultura da soja, foram tabelados os resultados, conforme apresentado a seguir:

Tabela 3 – Análise estatística para valores de população de plantas por hectare, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de mil grãos (PMG) obtidos nos tratamentos.

TRATAMENTO	POPULAÇÃO (plantas/ha)	Nº de vagens por planta	Nº de grãos por vagem	PMG (gr)
Testemunha	180.000 a	69,3 b	2,57 a	163,6 b
Adubo Mineral	174.000 a	69,8 b	2,61 a	168,6 a
DLS	182.000 a	79,8 a	2,62 a	168,0 a
A. M. + DLS	176.000 a	82,6 a	2,64 a	169,6 a
<b>Média</b>	178.000	75,37	2,61	167,45
<b>DMS</b>	13.824	4,42	0,11	4,35
<b>CV %</b>	4,13	3,12	2,36	1,38

\* Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor.

Não se pode confirmar que a presença do adubo mineral no sulco de plantio interferiu significativamente nos resultados de produtividade da cultura, visto que os valores obtidos para população de plantas não diferiram entre si. Porém, observa-se uma pequena variação no número de plantas por hectare dentre os tratamentos, fato este que pode levar ao entendimento de que o adubo mineral no sulco de plantio teve influência sobre o estabelecimento da cultura, visto que a população foi levemente reduzida nos dois tratamentos com seu uso.

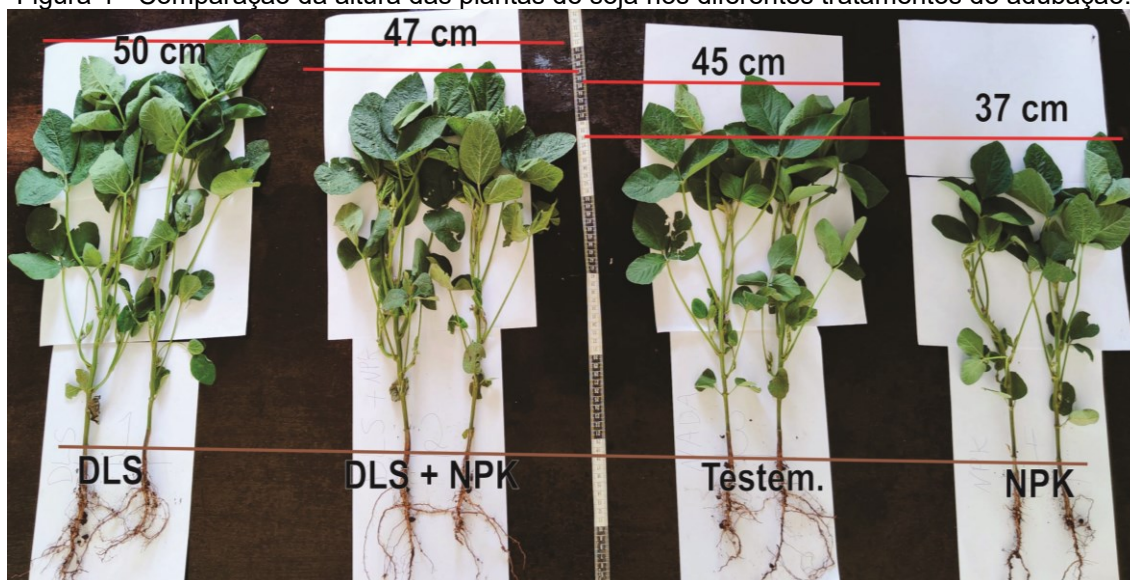
Segundo Malavolta (1982) o principal fator da adubação em sulco de plantio que pode prejudicar a germinação das sementes ou o desenvolvimento de plântulas, é a alta concentração salina resultante da alta solubilidade do KCL, fazendo com que a água disponível no solo seja desviada das sementes e plântulas devido a elevada concentração salina no sulco de plantio.

Comprovando esta hipótese, resultados obtidos por pesquisadores da Embrapa em 2001, visando quantificar o dano causado pelo adubo N-P-K (0-20-20) na linha de semeadura, verificou efeito significativo na redução do número de plantas

com aumento na dose de adubo, sendo a diferença observada já na menor dose utilizada (30 kg ha), reduzindo a população em cerca de 30%. O mesmo estudo também constatou redução acentuada tanto da parte aérea quanto no sistema radicular a partir da dose de 30 kg/ha, na altura das plantas e no comprimento do sistema radicular.

Assim como mencionado no estudo da Embrapa (2001), em observação ao desenvolvimento da cultura nas parcelas experimentais do presente estudo, próximo ao fechamento de rua, notou-se uma variação na altura de plantas. Com a coleta aleatória de algumas plantas para análise, foi possível verificar diferenças significativas no desenvolvimento vegetativo, como observa-se na imagem a seguir:

Figura 4 - Comparação da altura das plantas de soja nos diferentes tratamentos de adubação.



Fonte: Autor.

A análise das plantas nesta fase do desenvolvimento, levou ao entendimento de que as diferentes formas de adubação impactaram significativamente o desenvolvimento das plantas. A parcela testemunha, sem adubação, nesta fase apresentava plantas com altura média de 45 cm, enquanto a adubação mineral exclusiva resultou em um menor crescimento, com plantas de 37 cm. Já a combinação de dejetos líquidos de suínos (DLS) com adubação mineral no sulco proporcionou um aumento na altura das plantas, atingindo 47 cm, sugerindo uma sinergia entre as duas fontes de nutrientes.

A adubação exclusiva com DLS se destacou, apresentando plantas com maior desenvolvimento, alcançando 50 cm de altura. Além do maior crescimento, também

foi observado um melhor desenvolvimento do sistema radicular nessas plantas, o que pode estar relacionado à maior disponibilidade de nutrientes orgânicos presentes no DLS, favorecendo tanto o crescimento aéreo quanto radicular.

Ao analisar o desenvolvimento radicular de algumas plantas, notou-se que as parcelas sem uso do adubo mineral apresentavam raízes mais desenvolvidas, com maior número de raízes secundárias, além de melhor formação de nódulos.

Figura 5 - Sistema radicular de plantas: adubo mineral e DLS.



Fonte: Autor.

Em avaliação aos componentes de produção, constatam-se os fatores que influenciaram na produtividade final das parcelas.

O número de vagens por planta apresentou variação significativa, com destaque para o tratamento com DLS e com Adubo Mineral + DLS, que obtiveram valores médios superiores, 79,8 e 82,6 vagens por planta, representado aumento em relação a testemunha de 15 e 20% respectivamente. Este incremento no número de vagens por planta contribuiu diretamente para o aumento na produtividade final. A parcela apenas com adubo mineral, não teve ganho substancial em relação a testemunha.

O número de grãos por vagem, não apresentou variações significativas entre os tratamentos, com valores próximos a 2,6 grãos por vagem em todos os tratamentos. Essa característica é predominantemente influenciada pela genética da cultivar de soja, sendo pouco afetada pelas condições de manejo, embora fatores ambientais possam ter um impacto limitado.

Já o peso de mil grãos (PMG) variou entre 163,6 g (T1) e 169,6 g (T4), de forma que todos os tratamentos com adubação indicaram aumento do PMG em relação a testemunha, o que também se refletiu na produtividade superior observada, mas não diferenciaram estatisticamente entre si.

Estes resultados confirmam o descrito no estudo de Ecco, M. et al (2019), no qual a aplicação de dejetos de suínos apresentou resposta linear crescente em relação ao número de vagens, massa de mil grãos e produtividade.

Através destes fatores de produção, foi possível calcular a produtividade da cultura em cada um dos cenários propostos, demonstrado na tabela a seguir:

Tabela 4 - Produtividade média de soja em diferentes tratamentos de adubação.

TRATAMENTO	PRODUTIVIDADE (kg/ha)	PRODUTIVIDADE (sc/ha)
Testemunha	5.241,07 b	87,35 b
Adubo Mineral	5.342,36 b	89,04 b
DLS	6.381,08 a	106,35 a
A. M. + DLS	6.505,57 a	108,44 a
<b>Média</b>	5.867,77	97,79
<b>DMS</b>	309,62	6,19
<b>CV %</b>	2,81	2,81

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor.

A produtividade média dos tratamentos variou de 87,35 sc/ha na parcela testemunha até 108,43 sc/ha na parcela com adubação mineral combinada com DLS. Esses resultados indicam que a substituição parcial ou total da adubação mineral pelo DLS resultou em um aumento significativo na produtividade.

O tratamento com apenas adubação mineral apresentou produtividade média de 89,04 sc/ha, um aumento considerado não significativo em relação à testemunha. No entanto, o tratamento com apenas DLS apresentou um aumento substancial, com produtividade média de 106,35 sc/ha, superando a adubação mineral, estando de

acordo com a conclusão do estudo de Sartor L. et al (2012), de que a aplicação de resíduos suínos na cultura da soja aumenta a produtividade.

O tratamento combinado, que utilizou tanto adubação mineral quanto DLS, obteve a maior produtividade entre todos os tratamentos, sugerindo que o uso de DLS como complemento à adubação mineral pode maximizar os resultados produtivos da cultura da soja, assim como o concluem Barth e Suyama (2013), que a redução da adubação mineral pode ser realizada, desde que seja suplementada através da aplicação de DLS.

Através de uma análise de correlação, demonstrada na tabela a seguir, é possível verificar importantes relações entre as variáveis avaliadas.

Tabela 5 - Correlação entre variáveis agrônômicas e fatores de produtividade na cultura da soja.

<b>Correlação</b>	<b>População (p/ha)</b>	<b>Nº de Vagens / planta</b>	<b>Nº de Grãos / vagem</b>	<b>PMG (gr)</b>	<b>Produt. kg / ha</b>
<b>População (p/ha)</b>	1,00				
<b>Nº de Vagens por planta</b>	-0,22	1,00			
<b>Nº de Grãos por vagem</b>	-0,08	0,06	1,00		
<b>PMG (gr)</b>	-0,20	0,40	0,39	1,00	
<b>Produtividade kg / ha</b>	0,17	0,87	0,33	0,54	1,00

Fonte: Autor.

A densidade de plantas por hectare apresentou uma correlação negativa fraca com o número de vagens por planta (-0,22), indicando que, à medida que a população de plantas aumentou, houve uma leve tendência de redução no número de vagens por planta. Da mesma forma, a população também tem uma correlação negativa com o número de grãos por vagem (-0,08) e com o PMG (-0,20), embora essas relações sejam muito fracas.

No entanto, a correlação entre a densidade de plantas e a produtividade (0,17 para kg/ha e sc/ha) é positiva, embora fraca, sugerindo que o aumento na densidade de plantas teve uma pequena influência positiva na produtividade final. O número de vagens por planta, por outro lado, demonstra uma forte correlação positiva com a produtividade (0,87 para ambas as unidades), evidenciando ser uma variável crucial para o aumento da produtividade. O número de vagens por planta também se correlaciona moderadamente com o PMG (0,40), o que pode indicar que as plantas com mais vagens também produziram grãos mais pesados.

O número de grãos por vagem apresenta uma correlação positiva, mas mais baixa, com a produtividade (0,33), indicando que, embora contribua para o rendimento, sua influência foi menor em comparação com o número de vagens por planta. O PMG, por sua vez, também demonstrou uma correlação positiva moderada com a produtividade (0,54), sugerindo que o aumento no peso dos grãos foi importante para melhorar o rendimento final. Por fim, as duas medidas de produtividade (kg/ha e sc/ha) estão perfeitamente correlacionadas entre si, como esperado, dado que representam a mesma variável em diferentes unidades de medida.

De forma geral, a análise da correlação indica que o número de vagens por planta foi o fator de maior impacto na produtividade da soja, seguido pelo peso de mil grãos. Embora a densidade de plantas tenha uma influência positiva, seu efeito foi menos pronunciado. Portanto, estratégias que visem aumentar o número de vagens por planta e o peso dos grãos, como foi observado nos tratamentos com uso do DLS podem ser mais eficazes para maximizar a produtividade.

Os resultados do experimento evidenciam que a aplicação de dejetos líquidos de suínos pode influenciar positivamente a produtividade da cultura da soja, sugerindo que a utilização de DLS, isoladamente ou em combinação com adubação mineral, pode favorecer o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da soja, resultando em maior número de vagens por planta e grãos mais pesados, fatores que, combinados, promovem um aumento significativo na produtividade final.

A adubação mineral exclusiva, embora forneça nutrientes essenciais de forma imediata, pode não oferecer uma diversidade de nutrientes ou uma liberação gradual que favoreça o crescimento contínuo das plantas.

Por outro lado, os dejetos líquidos de suínos são ricos em matéria orgânica e em nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, que são liberados de forma mais lenta e constante. Essa liberação gradual, combinada com a melhora na estrutura do solo e na capacidade de retenção de água, favorece tanto o desenvolvimento radicular quanto o crescimento aéreo das plantas. A presença de DLS, isolado ou combinado com adubação mineral, aumenta a disponibilidade de nutrientes ao longo do ciclo de crescimento da planta. A matéria orgânica do DLS melhora a atividade microbiana no solo, favorecendo a mineralização de nutrientes e a absorção pelas plantas, contribuindo para o melhor desenvolvimento das mesmas.

Ainda assim, é importante avaliar a ocorrência de alterações nos níveis de NPK do solo após o ciclo da cultura, conforme realizado a seguir:

## 6.2 ATENDIMENTO AO OBJETIVO ESPECÍFICO B

A adubação nitrogenada não é geralmente necessária na cultura da soja visto que essa planta tem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico por meio de uma simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*. Com esse processo natural, a soja consegue suprir grande parte de sua necessidade de nitrogênio sem depender de adubação nitrogenada. Por isso, o objetivo específico B buscou avaliar as alterações nos níveis de nutrientes no solo, com ênfase no fósforo (P) e potássio (K), para verificar a sustentabilidade e a eficiência do manejo agrícola proposto.

A soja, assim como outras culturas, absorve grandes quantidades desses nutrientes durante seu crescimento, e sua remoção na colheita pode deixar o solo empobrecido, necessitando de reposição para manter a produtividade nas safras subsequentes (Civitezera, 2021). Monitorar as concentrações de NPK permite ajustar as práticas de adubação de forma mais precisa, evitando tanto a deficiência quanto o excesso de nutrientes, que podem comprometer a saúde do solo e aumentar os custos de produção. Portanto, essa análise é fundamental para garantir uma produção agrícola eficiente, econômica e ambientalmente responsável.

A tabela a seguir apresenta os valores médios de extração e exportação de nutrientes por tonelada de soja produzida, segundo o boletim agrônomo da OCP Brasil, edição 4 de 2021.

Tabela 6 - Média de extração e exportação de nutrientes pela cultura da soja em quilogramas por tonelada.

DEMANDA	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S
	kg/t					
<b>Extração</b>	85,5	17,9	42,6	16,0	8,3	8,5
<b>Exportação</b>	59,0	12,1	21,4	2,8	2,4	3,9

Fonte: OCP Brasil, 2021.

Com base nos valores de exportação de nutrientes, da produtividade obtida em cada tratamento, e da entrega de nutrientes pelo tipo de adubação adotado, foram obtidos os valores estimados ao saldo de cada nutriente ao final do ciclo da cultura, demonstrado na tabela a seguir:

Tabela 7 - Balanço de nutrientes no solo: extração, reposição e saldo estimado após o ciclo da cultura de soja.

TRAT.	Prod. t/ha	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
		Extra.	Rep.	Saldo	Extra.	Rep.	Saldo	Extra.	Rep.	Saldo
Testemunha	5,2	309,2	0,0	-309,2	63,4	0,0	-63,4	112,2	0,0	-112,2
Adubo Mineral	5,3	315,2	5,0	-310,2	64,6	34,7	-30,0	114,3	34,7	-79,7
DLS	6,4	376,5	45,4	-331,1	77,2	34,7	-42,6	136,6	19,4	-117,2
A. M. + DLS	6,5	383,8	50,4	-333,5	78,7	69,3	-9,4	139,2	54,1	-85,2

Fonte: Autor.

Observa-se que o saldo de nutrientes ficou significativamente negativo em todas as situações. Isso se deve principalmente ao nível de produção obtido (5,2 a 6,5 t/ha), superando expressivamente as 4 toneladas por hectares utilizados no cálculo de necessidade de adubação como expectativa de produção. Entretanto, é relevante considerar que a decomposição da palhada fornecida pela cultura anterior (brachiaria), também estará fornecendo nutrientes no decorrer da cultura, por meio da reciclagem de nutrientes.

Utilizando-se das análises de solo, com valores obtidos através da média entre as repetições, a tabela a seguir apresenta os níveis de fósforo e potássio encontrados no solo no início e ao final do presente estudo.

Tabela 8 - Comparação dos níveis de Fósforo (P) e Potássio (K) no solo antes e após o ciclo da cultura de soja.

TRATAMENTO	Antes do experimento		Após o experimento	
	P (mg/dm <sup>3</sup> )	K (cmol/dm <sup>3</sup> )	P (mg/dm <sup>3</sup> )	K (cmol/dm <sup>3</sup> )
Testemunha	29,80	0,51	27,69	0,46
Adubo Mineral	28,70	0,53	27,70	0,53
DLS	29,20	0,56	27,78	0,50
A. M. + DLS	28,40	0,50	28,09	0,49

Fonte: Autor.

As análises de solo realizadas antes e após o ciclo da cultura indicaram tendências de acordo com o esperado, sendo possível verificar redução na disponibilidade dos nutrientes, condizentes com os saldos apresentados na tabela 6, de forma que testemunha, que não recebeu nenhuma adubação, teve a redução mais expressiva.

Nos demais tratamentos também ocorreram sutis alterações nos níveis de nutrientes, proporcionais ao saldo de exportação obtido, devido a produção superior ao esperado, como já mencionado anteriormente.

É válido ressaltar que, neste caso do solo com níveis de nutrientes classificados como muito altos, até mesmo o resultado observado na testemunha pode ser uma alternativa desejável, visto que a estratégia de não adubar a cultura e utilizar as reservas de nutrientes do solo se torna plausível em cenários de altos custos de insumos. Entretanto, sabe-se que este não é um manejo sustentável ao longo prazo, visto que a disponibilidade de nutrientes irá ser gradativamente reduzida ao longo do tempo.

### 6.3 ATENDIMENTO AO OBJETIVO ESPECÍFICO C

O terceiro objetivo específico almejou analisar as implicações econômicas e ambientais da substituição da adubação mineral pelo DLS. Os resultados indicam que essa substituição pode trazer benefícios em ambos os aspectos.

Para efetuar uma análise econômica comparativa, foram levantados os custos relacionados a cada tipo de adubação isoladamente, e comparados com a produtividade de cada parcela, como demonstra a tabela a seguir:

Tabela 9 - Comparação de custos de adubação e produtividade da soja em tratamentos com diferentes formas de adubação.

TRATAMENTO	Custo (R\$/ha)			% T. Custo	PRODUTIVIDADE	
	03.21.21	D.L.S	TOTAL		SC/HA	% T. Prod.
Testemunha	0	0	0	0	87,35	98
Adubo Mineral	854,54	0	854,54	100	89,04	100
DLS	0	221,6	221,6	25	106,35	120
A. M. + DLS	854,54	221,6	1076,1	125	108,43	122

\* Os valores referentes as porcentagens de custo e produtividade, foram estabelecidas considerando o tratamento 2 como base, ou seja, 100%.

Fonte: Autor.

A análise das implicações econômicas da substituição da adubação mineral pelos dejetos líquidos de suínos indica que há vantagens significativas em termos de custo-benefício.

Para facilitar o entendimento e melhorar a percepção das alterações, os valores foram convertidos em porcentagens, sendo o tratamento com adubo mineral

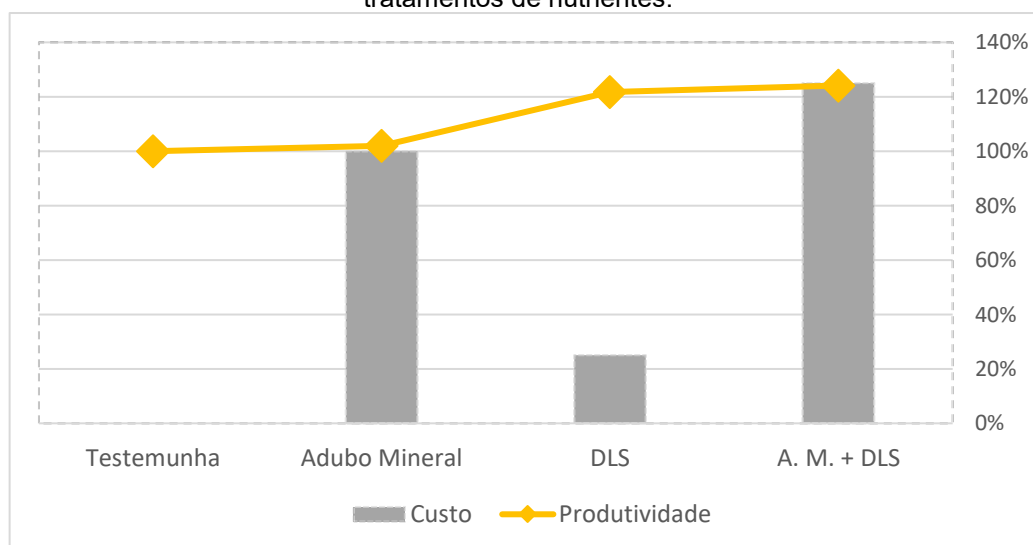
considerado como 100% do custo de adubação, por ser o manejo tradicionalmente adotado. Desta forma, a porcentagem de custo dos demais tratamentos são referentes a seu valor em relação ao tratamento com adubação mineral. Seguindo o mesmo padrão, para o item produtividade, o valor obtido neste tratamento considerou-se como 100%, e os demais representam a redução ou acréscimo de produção em relação a este.

Observa-se que o uso exclusivo de DLS apresenta um custo de adubação de 221,60 reais por hectare, representando apenas 25% do custo da adubação mineral, que foi de 854,54 reais por hectare. Além da redução nos custos, o DLS resultou em uma produtividade de 106,35 sacas por hectare, o que equivale a um aumento de 22% em relação à adubação mineral. Dessa forma, o uso do DLS não só reduziu drasticamente os custos de insumos, como também elevou a produtividade, tornando-se a alternativa economicamente mais viável.

Por outro lado, a combinação de DLS com adubação mineral, embora tenha gerado um custo mais elevado (1076,10 reais por hectare, ou 125% do custo da adubação mineral), também proporcionou a maior produtividade, com 108,43 sacas por hectare (124% da produtividade da testemunha). Esse aumento no custo deve ser ponderado frente à produtividade alcançada, visto que a eficiência no uso de nutrientes foi potencializada, resultando em ganhos superiores na produção.

O gráfico a seguir, auxilia na visualização da relação entre custo e produtividade obtida:

Figura 6 - Relação entre custo de adubação e produtividade da soja para diferentes tratamentos de nutrientes.



Fonte: Autor.

É importante ressaltar que, embora a testemunha tenha obtido boa produtividade sem nenhuma adubação e, portanto, sem custo referente a este insumo, deve ser utilizado com extrema cautela, pois pode ser necessário repor os nutrientes que foram extraídos do solo para dar continuidade a produção nas culturas seguintes, podendo acarretar em custos futuros, sendo assim mais uma vez recomendado que a escolha de manejo de adubação seja embasada em análises de solo precisas e nas necessidades de cada cultura, não apenas no custo imediato.

No entanto, para maximizar os lucros, a escolha entre o uso exclusivo de DLS ou sua combinação com adubação mineral dependerá de fatores como preço dos insumos, preço de venda da safra e os recursos financeiros disponíveis para o manejo, aumentando a gama de possibilidades para enfrentar momentos de escassez de recursos ou instabilidades do mercado.

No que diz respeito as implicações ambientais, sabe-se que a criação de suínos ocasiona um problema ambiental devido à geração de grandes quantidades de dejetos com alto potencial poluente se mal manejados (MIYAZAWA & BARBOSA, 2015).

Desta forma, seu uso como fertilizante contribui para a destinação adequada dos resíduos gerados na suinocultura, mitigando problemas ambientais relacionados ao seu descarte inadequado. Ao substituir parcialmente a adubação mineral, o DLS reduz a dependência de fertilizantes sintéticos, cuja produção está associada a elevados custos energéticos e emissões de gases de efeito estufa. Assim, a utilização de DLS como fertilizante não só melhora a sustentabilidade da produção agrícola, mas também promove uma integração mais eficiente entre a produção animal e vegetal na propriedade.

Esses aspectos econômicos e ambientais atendem ao terceiro objetivo específico do estudo, demonstrando que o uso de DLS é uma prática viável e sustentável para a produção de soja. A adoção de práticas que integrem a suinocultura e a produção de grãos, como a utilização de DLS na adubação, pode representar um avanço significativo na busca por uma agricultura mais sustentável e eficiente.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos ao longo deste estudo demonstraram que a utilização de dejetos líquidos de suínos (DLS) como fonte alternativa de nutrientes para a soja é uma prática agronomicamente viável e potencialmente benéfica tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental. A substituição parcial ou total da adubação mineral por DLS apresentou incrementos significativos na produtividade da soja, evidenciando o potencial do DLS em promover o desenvolvimento saudável das plantas e aumentar a eficiência na produção.

Em termos de produtividade, os tratamentos que envolveram o uso de DLS, isoladamente ou em combinação com adubação mineral, superaram aqueles que utilizaram apenas fertilizantes minerais, o que sugere que o DLS pode complementar ou até substituir os fertilizantes químicos em sistemas de produção agrícola sustentável. A análise econômica indicou que o uso exclusivo de DLS reduziu significativamente os custos com insumos, proporcionando flexibilidade em momentos de alta dos insumos agrícolas, pois a redução do uso de adubos minerais ou a substituição por DLS permite que os produtores mantenham a competitividade, reduzindo sua dependência de fertilizantes sintéticos cujos preços podem sofrer oscilações significativas no mercado.

Do ponto de vista ambiental, o uso de DLS oferece uma solução sustentável para a gestão dos resíduos gerados pela suinocultura, contribuindo para a redução de impactos ambientais associados ao descarte inadequado de dejetos e à dependência de fertilizantes sintéticos. Ao integrar a suinocultura e a produção agrícola, promove-se um sistema de produção mais eficiente e sustentável.

Conclui-se, portanto, que a adoção de DLS como fertilizante na cultura da soja não só é viável do ponto de vista técnico e econômico, mas também pode desempenhar um papel crucial na transição para uma agricultura mais sustentável. Para futuras pesquisas, seria interessante avaliar o impacto do uso prolongado de DLS no solo e em outras culturas, bem como investigar estratégias para otimizar sua aplicação e maximizar os benefícios tanto econômicos quanto ambientais.

## REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C. (1998). **Os adubos e a eficiência das adubações**. São Paulo: ANDA.
- BALBINOT, J. A. (2017). **Análise da área, produção e produtividade da soja no Brasil em duas décadas (1997-2016)**. Londrina: Embrapa Soja.
- BALENA, R. e. (2016). **Época de semeadura e espaçamentos entre linhas na produtividade da soja**. Joaçaba: ACBS.
- BARTH, G.; SUYAMA, J. T. (2013). Resposta de milho, trigo, aveia branca e soja à aplicação de dejetos líquido suíno (DLS) em diferentes níveis de adubação mineral. **Congresso brasileiro de ciência do solo**. Disponível em: <https://www.eventosolos.org.br/cbcs2013/anais/arquivos/2741.pdf>
- BERNARDI, A. C., CARMELLO, Q. A.; CARVALHO, S. A. (2000). Macronutrientes em mudas de citros cultivadas em vasos em resposta à adubação NPK. **Scientia Agricola**.doi: 10.1590/S0103-90162000000400026.
- BISINOTTO, F. F. (2013). **Correlação entre caracteres como critério de seleção indireta, adaptabilidade e estabilidade em genótipos da soja**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia.
- BLANCO, I. B. (2015). **Adubação da cultura da soja com dejetos de suínos e cama de aviário**. Cascavel: UNIOESTE.
- BORKET, C. M. (2005). **O potássio na cultura da soja**. Piracicaba: Potafos.
- BRAZ, G. B. (2010). Componentes de produção e rendimento de soja em função da época de dessecação e do manejo em pós-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**. doi: 10.7824/rbh.v9i2.83.
- CAMARGO, M. d. (2012). A importância do uso de fertilizantes para o meio ambiente. **Pesquisa e Tecnologia**. vol. 9, n. 2, Jul-Dez 2012.
- CAMELLO, Q. A.; OLIVEIRA, F. A. (2006). Nutrição de lavouras de soja: situação atual e perspectivas. **Visão Agrícola**. v. 3, n. ja/ju, p. 8-11, 2006.
- CARVALHO, E. R. (2011). Fertilidade mineral e resíduo orgânico sobre características agronômicas da soja e nutrientes no solo. **Revista Ciência Agronômica**. doi: 10.1590/S1806-66902011000400015.
- CIDADE-BRASIL. (2023). **Município De São Miguel Do Iguaçu**. Cidade-Brasil: Disponível em:<https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-sao-miguel-do-iguacu.html>
- CIVITEREZA, G. (2021, Maio 20). **Os Impactos da Adubação Mineral no meio Ambiente**. Terra de Cultivo: Disponível em:<https://www.terradecultivo.com.br/os-impactos-da-adubacao-mineral-no-meio-ambiente/>

COLEMAN, T. (1967). **Soil Acidity and Liming**. Wisconsin: American Soc. of Agronomy.

COLUSSI, J. e. (2016). O agronegócio da soja: Uma análise da rentabilidade do cultivo da soja no Brasil. **Revista ESPACIOS**. Vol. 37 (Nº 16) Año 2016.

CONAB. (2019). **Companhia Nacional de Abastecimento**. Compêndio de Estudos Conab. Brasília: Conab.

CONAB. (2021). **Companhia Nacional de Abastecimento**; Compêndio de Estudos Conab. Brasília: Conab.

CONAB. (2023). **Companhia Nacional de Abastecimento**. Compêndio de Estudos Conab. Brasília: Conab.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALGO, M. d. (2012). Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. Londrina: **Semina: Ciências agrárias**. doi: 10.5433/1679-0359.2012v33n2p541.

DURIGON, R. e. (2002). **Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco** . Paraíso do Sul: RS.

ECCO, M., MASSING, M. A., BRASIL, C. S., BORSOI, A.; EBLING, G. H. (2019, dezembro). Uso de rejeitos da suinocultura em cultivo de soja. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**.

EMBRAPA. (2001). **Cloreto de Potássio na Linha**. Dourados - MS: Ministerio da agricultura.

EMBRAPA. (2001). **Tecnologias de produção de Soja**. In E. B. Agropecuária, Embrapa Soja-Documentos.

EMBRAPA. (2002). **Tecnologia de produção de Soja - Região Central do Brasil**. Londrina: Embrapa.

EMBRAPA. (2018). **Visão 2030 : o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>

EMBRAPA. (2019). **Manejo agroecológico de pragas do algodoeiro**. Setembro 08, 2022, Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/204086/1/ManejoAgroecologicoPragasAlgodoeiroRaulPorfirio.pdf>

ERNANI, P. R. (2001). **Influência de adições sucessivas de zinco, na forma de esterco suíno** . Santa Catarina: SC.

FERREIRA, D. F. (2019). SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS. **Brazilian Journal of Biometrics**, 37(4), 529–535. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

FRANCHINI, J. C. (2016). **Variabilidade espacial e temporal da produção de soja no Paraná e definição de ambientes de produção**. Embrapa Soja.

FUNDAÇÃO MT. (2018). **Boletim de pesquisa 2017/2018**. Rondonópolis: Fundação MT.

GAZZONI, D. L. (2018). A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. (Vol. 70). **Ciência e Cultura**. doi: 10.21800/2317-66602018000300005.

GODOY, L. M. (2021). **Extração e exportação de nutrientes na cultura da soja**. **Boletim Agrônomo**. OCP Brasil.

GUIDORIZZI, F. V., LOUVISON, L. A., AGUIAR, V. H.; SARDINHA, Y. S. (2023). In **Extração e Exportação de Nutrientes em Cultivares de Soja Enlist®**. Informações Agrônomicas Nutrição de Plantas. Vol. 20.

GUIMARÃES, P. A., & BERALDO, J. M. (2017). Uso de soja transgênica e convencional para produção de bioenergia. . Brasília - DF: **Revista Brasoleira de Energia Renováveis**.

HIRAKURI, M. H. (2017). **Avaliação econômica da produção de soja nos estado do Paraná e Rio Grande do Sul na safra 2016/2017**. Embrapa Soja.

KLEIN, H. S. (2019). **Alimentando o mundo: o surgimento da moderna economia agrícola no Brasil**. São Paulo: FGV.

LANGE, C. E. (2008). **Soja: uma historia de sucesso. Origem e Evolução das Plantas cultivadas**. Brasília - DF: EMBRAPA.

MALAVOLTA, E. (1982). **O potássio e a planta**. . Piracicaba: POTAFOS.

MAPA. (2012). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2009/2010 a 2019/2020**. Brasília - DF.: Assessoria de Gestão Estratégica.

MELO, G. (2018). **Tratamento de sementes de soja com bioestimulante Radifarm**. Rio Verde: IFG.

MIYAZAWA, M.; BARBOSA, G. M. (2015). **Dejeto líquido de suíno como fertilizante orgânico: método simplificado** (Boletim Técnico n:84 ed.). Londrina: IAPAR.

NAVARRO, J. H.; COSTA, J. A. (2002). Expressão do potencial de rendimentos de cultivares de soja. Brasília: **Pesquisa agropecuaria Brasileira**.

NEPOMUCENO, A. I., FARIAS, J., & NEUMAIER, N. (2017, out. 17). **Características da soja: Árvore do conhecimento**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica: Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01\\_24\\_2710200](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_24_2710200).

NOETZOL, R. e. (2019). Variabilidade espacial da eficiência do uso de potássio e fósforo na cultura da soja. **Revista Engenharia na Agricultura**. doi: 10.13083/reveng.v27i6.931.

OCP Brasil. (2021). **Extração e exportação de nutrientes na cultura da soja**. Boletim Agronomico: Disponível em: [https://www.ocpbrasil.com.br/sites/default/files/2023-02/OCP\\_Brasil\\_Boletim\\_Agronomico\\_4\\_0.pdf](https://www.ocpbrasil.com.br/sites/default/files/2023-02/OCP_Brasil_Boletim_Agronomico_4_0.pdf)

OLIVEIRA, P. A. (1993). **Produção e manejo de dejetos de suínos**. Embrapa suínos.

PLACIDO, H. F. (2020). **Fertilizantes: Tipos, funções e como fazer seu manejo na lavoura**. Agrotécnico: Disponível em: <https://www.agrotecnico.com.br/fertilizantes/>

PROQUE. (2019). Interdependência do Brasil e dos Estados Unidos no mercado da soja em grão: uma análise da situação e das perspectivas. **Revista de Desenvolvimento e Políticas Públicas**. doi: 10.31061/redepp.v3n1.41-60.

SAA-PR. (2021). **Secretaria da agricultura e do abastecimento - PR**. Governo do estado Paraná: Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/Noticia/Lider-em-proteina-animal-Parana-aumenta-producao-de-frango-e-suinos-em-2021>.

SARTOR, E. A. (2012). Effect of Swine Residue Rates on Corn, Common. **Revista Brasileira de Ciencia do solo**. doi:10.1590/S0100-06832012000200035

SEDIYAMA, M. A. (2008). Fermentação de esterco de suínos para uso como adubo . Campina Grande: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. doi: 10.1590/S1415-43662008000600011.

SEDIYAMA, T. (2016). **Produtividade da Soja**. Londrina: Mecenias.

SILVA, T. A. (2016). Condicionamento fisiológico de sementes de soja, componentes de produção e produtividade. Santa Maria: **Ciência Rural**. doi: 10.1590/0103-8478cr20141736.

SOUZA, K. A., & BITTENCOURT, G. M. (2020). Avaliação do crescimento das exportações brasileira de soja em grão. (Vol. 28). Brasília - DF: **Revista de Política Agrícola**.

VIRGÌLIO, A. P. (2017). **Agricultura moderna brasileira e aprofundamento da dependência a partir dos anos 1990: o caso do agronegócio da soja**. Salvador: Universidade Federal da Bahia.

## ANEXO A

### 3. USO DO DLS BASEADO NOS TEORES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO DETERMINADOS POR BOUYOUCOS

O agricultor deve proceder da seguinte forma para estimar a quantidade de nutrientes do DLS que será aplicado na lavoura (Figura 10):

1. Homogeneizar o DLS na esterqueira com o auxílio de uma bomba (acoplada ao trator ou similar) e transferir para o tanque aplicador;
2. Coletar 2 L de DLS em recipiente plástico ou similar;
3. Passar o DLS coletado em peneira de feijão ou similar para remover folhas e galhos;
4. Mergulhar o Bouyoucos no recipiente e fazer a leitura obtida na escala.
5. Consultar o Quadro 1 para obter, com o valor encontrado na escala, os teores de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  do DLS;
6. Aplicar o DLS na lavoura, de acordo com o cálculo obtido.



## ANEXO A

### 3.1. Quantidade de DLS Aplicado no Solo

**Exemplo 1:** Se o valor determinado pela escala de Bouyoucos for de  $15,0 \text{ kg/m}^3$ , significa que o DLS amostrado contém (Quadro 1):

- $1,21 \text{ kg/m}^3$  de N total;
- $0,91 \text{ kg/m}^3$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;
- $0,54 \text{ kg/m}^3$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

Então, a aplicação de  $100 \text{ m}^3/\text{ha}$  de DLS com  $15,0 \text{ kg/m}^3$  de massa seca equivale à aplicação de:

- $260 \text{ kg/ha}$  de ureia;
- $210 \text{ kg/ha}$  de superfosfato triplo;
- $90 \text{ kg/ha}$  de KCl.

**Exemplo 2:** Se o valor determinado pela escala de Bouyoucos for de  $23,0 \text{ kg/m}^3$ , significa que o DLS amostrado contém (Quadro 1):

- $1,90 \text{ kg/m}^3$  de N total;
- $1,45 \text{ kg/m}^3$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;
- $0,79 \text{ kg/m}^3$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

Então, a aplicação de  $100 \text{ m}^3/\text{ha}$  de DLS com  $23,0 \text{ kg/m}^3$  de massa seca equivale à aplicação de:

- $410 \text{ kg/ha}$  de ureia;
- $340 \text{ kg/ha}$  de superfosfato triplo;
- $130 \text{ kg/ha}$  de KCl.

A equivalência entre os teores de nutrientes e os fertilizantes comerciais, para definição da quantidade de DLS a ser aplicado lavoura, deve ser realizado por um profissional da assistência técnica, conforme exemplo da Tabela 2.

## ANEXO A

**Quadro 1.** Estimativa da quantidade de N total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O na massa seca do DLS determinada pela escala de Bouyoucos.

Bouyoucos	N total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Bouyoucos	N total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	(kg/m <sup>3</sup> )				(kg/m <sup>3</sup> )		
4,0 <sup>1</sup>	0,27	0,18	0,18	30,0	2,50	1,91	1,02
5,0	0,35	0,24	0,21	31,0	2,59	1,98	1,05
6,0	0,44	0,31	0,24	32,0	2,67	2,05	1,08
7,0	0,52	0,38	0,28	33,0	2,76	2,11	1,12
8,0	0,61	0,44	0,31	34,0	2,85	2,18	1,15
9,0	0,70	0,51	0,34	35,0	2,93	2,25	1,18
10,0	0,78	0,58	0,37	36,0	3,02	2,31	1,21
11,0	0,87	0,64	0,41	37,0	3,10	2,38	1,25
12,0	0,95	0,71	0,44	38,0	3,19	2,45	1,28
13,0	1,04	0,78	0,47	39,0	3,28	2,51	1,31
14,0	1,13	0,84	0,50	40,0	3,36	2,58	1,34
15,0	1,21	0,91	0,54	41,0	3,45	2,65	1,38
16,0	1,30	0,98	0,57	42,0	3,53	2,71	1,41
17,0	1,38	1,04	0,60	43,0	3,62	2,78	1,44
18,0	1,47	1,11	0,63	44,0	3,71	2,85	1,47
19,0	1,56	1,18	0,66	45,0	3,79	2,92	1,50
20,0	1,64	1,25	0,70	46,0	3,88	2,98	1,54
21,0	1,73	1,31	0,73	47,0	3,96	3,05	1,57
22,0	1,81	1,38	0,76	48,0	4,05	3,12	1,60
23,0	1,90	1,45	0,79	49,0	4,14	3,18	1,63
24,0	1,99	1,51	0,83	50,0	4,22	3,25	1,67
25,0	2,07	1,58	0,86	51,0	4,31	3,32	1,70
26,0	2,16	1,65	0,89	52,0	4,39	3,38	1,73
27,0	2,24	1,71	0,92	53,0	4,48	3,45	1,76
28,0	2,33	1,78	0,96	54,0	4,57	3,52	1,80
29,0	2,42	1,85	0,99	55,0	4,65	3,58	1,83

<sup>1</sup>Os valores de massa seca e os teores de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O do DLS foram obtidos pelas equações da reta  $y = 0,815x + 0,200$ .