

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIA, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
CURSO DE AGRONOMIA

BRUNO MAZUR

RENDIMENTO DE GRÃOS DE SOJA EM SISTEMAS INTEGRADOS COM DISTINTAS
ESTRATÉGIAS DE ADUBAÇÃO

PONTA GROSSA - PR

2025

BRUNO MAZUR

RENDIMENTO DE GRÃOS DE SOJA EM SISTEMAS INTEGRADOS COM DISTINTAS
ESTRATÉGIAS DE ADUBAÇÃO

Trabalho apresentado à Disciplina OTCC como
requisito parcial para obtenção de Grau de Engenheiro
Agrônomo na Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Adriel Ferreira da Fonseca.

Ponta Grossa – PR

2025



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
COLEGIADO DO CURSO DE AGRONOMIA
COORDENAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

OTCC - Ano 2025

AVALIAÇÃO DE TCC RELATÓRIO DA BANCA EXAMINADORA

Título da Monografia: ^(FIMC) Revolvimento do solo de soja em sistemas integrados com distintos estratégias de adubação

Autor (a): BRUNO MAZUR

Data da defesa: 16/04/2025 Horário: 16h15min Local: F13

Avaliadores:

1-Orientador (a): Adriel Ferreira de FONSECA Assinatura: Adriel

2-Avaliador (a): LAISE DI SILVEIRA PONTES Assinatura: Laise Pontes

3-Avaliador (a): CARLOS ANDRÉ STUEPP Assinatura: Carlos André Stuepp

Itens a serem avaliados	Notas atribuídas		
	Orientador(a)	1º Avaliador(a)	2º Avaliador(a)
I- Apresentação oral (Até 2,0)	2,0	2,0	2,0
II- Trabalho escrito (Até 6,0)	4,0	5,0	5,0
III- Arguição (Até 2,0)	1,5	1,5	1,5
TOTAL	7,5	8,5	8,5
MÉDIA FINAL *	8,2 + 10% = <u>9,0</u>		

* Orientador(a) nota final com uma casa após a vírgula

Atenção Professor(a) ORIENTADOR(A):

No caso de apresentação de trabalho, em evento técnico-científico, no qual o acadêmico conste como autor, poderá ser acrescentado ATÉ 10% da nota, na somatória final. Apresentar comprovante junto com os documentos entregues para a Coordenação de TCC.

FORMULÁRIO 4
OTCC
AGRONOMIA

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, pelo presente da vida e por sempre me conduzir, oferecendo serenidade, sabedoria e força para tomar as decisões que a vida me apresenta.

Aos meus pais, pelo constante apoio, amor, companheirismo e pelos valiosos conselhos que continuam a me oferecer até hoje.

À minha namorada, Nátally, pelo companheirismo nos dias de estudo, coleta de dados, análises laboratoriais, pelos conselhos acadêmicos e pela colaboração na elaboração deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Adriel Ferreira da Fonseca, pela oportunidade, confiança, apoio e pelas valiosas contribuições para o meu desenvolvimento profissional.

Aos meus amigos da Fazenda Modelo do IDR - Paraná, Débora Rodrigues, Emily Diniz, Emanuela Simionato e a todos os outros membros, pelo apoio e companheirismo durante os projetos na fazenda. Em especial, à Dra. Laíse da Silveira Pontes, pela oportunidade, confiança no meu trabalho, apoio e pelas valiosas contribuições para o meu crescimento profissional.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa pela oportunidade de aprendizado durante toda a graduação.

A toda equipe do Laboratório de Nutrição de Plantas pelo apoio na realização deste trabalho.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

MAZUR, B. **Rendimento de grãos de soja em sistemas integrados de produção agropecuária e estratégias de adubação, no município de Ponta Grossa.** Orientador: Adriel Ferreira da Fonseca. Ponta Grossa, 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2025.

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) são estratégias importantes para a intensificação sustentável. Nesses sistemas, a adubação na fase pecuária - onde há menor exportação de nutrientes - oferece maior oportunidade para a ciclagem. O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da estratégia de adubação de sistema no rendimento de grãos de soja, em SIPA arborizado e não arborizado, bem como o efeito residual de duas doses de adubação nitrogenada aplicadas no inverno. O experimento foi iniciado em 2006, utilizando o delineamento em blocos completos casualizados. As parcelas principais corresponderam à combinação entre diferentes SIPA e doses de nitrogênio (N) aplicadas na pastagem, enquanto as subparcelas foram compostas pela presença ou ausência de adubação de base na cultura da soja. Em novembro de 2023 foi realizado o corte raso das árvores e a semeadura da cultivar de soja Brasmax Lotus IPRO. Os teores de nutrientes no tecido foliar, componentes de rendimento e o rendimento de grãos da soja foram avaliados. Não foram observadas diferenças significativas para a massa de grãos por planta⁻¹ e número de vagens planta⁻¹ em R8. Interações entre sistemas e adubação de base foram observadas para (i) concentração de N; e (ii) entre adubação de base e doses de N para massa de mil grãos. O rendimento de grãos de soja foi maior em SIPA não arborizado e também maior sem adubação de base. Portanto, mesmo após o desbaste das árvores, diferenças entre SIPA foram observadas, podendo ser decorrente do histórico da área.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merr.; intensificação sustentável; integração-lavoura-pecuária; integração-lavoura-pecuária-floresta; ciclagem de nutrientes.

ABSTRACT

MAZUR, M. **Soybean grain yield in integrated livestock-crop production systems and fertilization strategies, in the municipality of Ponta Grossa.** Adviser: Adriel Ferreira da Fonseca. Ponta Grossa, 2025. Final course work (Bachelor's Degree in Agronomy) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2025.

Integrated livestock-crop production systems (ICLS) are important strategies for sustainable intensification. In these systems, fertilization during the livestock phase – where nutrient export is lower – provides a greater opportunity for nutrient cycling. The aim of this study was to evaluate the impact of the fertilization strategy of the system on soybean grain yield, in both tree-covered and non-tree-covered ICLS, as well as the residual effect of two nitrogen fertilization doses applied during the winter. The experiment was initiated in 2006, using a randomized complete block design. The main plots corresponded to the combination of different ICLS and nitrogen (N) rates applied to the pasture, while the subplots consisted of the presence or absence of base fertilization in soybean cultivation. In November 2023, a complete thinning of the trees was performed, followed by the sowing of the soybean cultivar Brasmax Lotus IPRO. Nutrient levels in the leaf tissue, yield components, and soybean grain yield were assessed. No significant differences were observed for grain mass per plant and number of pods per plant at R8. Interactions between systems and base fertilization were observed for (i) nitrogen concentration, and (ii) between base fertilization and nitrogen doses for thousand-grain weight. Soybean grain yield was higher in the non-tree-covered ICLS and also higher without base fertilization. Therefore, even after the tree thinning, differences between ICLS systems were observed, which may be due to the history of the area.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merr.; sustainable intensification; integrated crop-livestock; integrated crop-livestock-forest; nutrient cycling.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo das informações das culturas em rotação na área experimental, nos últimos 4 anos	21
Tabela 2 - Resultados de análises químicas de solo, na camada 0-20 cm, antes da instalação do experimento em 2023 nos diferentes SIPA.....	22
Tabela 3 - Análise de Variância pelo Teste F das variáveis associadas a fitomassa residual, concentrações foliares de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos de soja.....	25

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Imagem aérea da área experimental, destacando os limites da área de estudo e a disposição das parcelas para o experimento20
- Figura 2 - Precipitação pluvial média mensal na região de Ponta Grossa - PR durante o período de doze meses de execução do experimento. Estação meteorológica localizada a 3300 m do experimento.....21

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Fitomassa residual da pastagem de aveia e azevém no pré soja (novembro/2023) em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA). Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%.....25
- Gráfico 2 - Concentração de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no tecido vegetal da soja em R2 em resposta aos Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA). Letras iguais, para cada nutriente, não diferem pelo teste de Tukey a 5%.....26
- Gráfico 3 - Concentração de nitrogênio (N) nas folhas de soja em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) com presença (CAB) ou ausência (SAB) de adubação de base na soja. Letras maiúsculas iguais não apresentam diferenças entre SIPA dentro de adubação de base e letras minúsculas iguais não apresentam diferenças entre adubação de base dentro de SIPA, pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$)27
- Gráfico 4 - Massa de mil grãos (MMG) em relação a (A) Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA) e (B) doses de Nitrogênio (50 ou 150 kg ha⁻¹) na fase pasto. Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%.....28
- Gráfico 5 - Massa de mil grãos (MMG) em função de presença (CAB) ou ausência (SAB) de adubação de base na soja e diferentes doses de nitrogênio (N) na fase pasto. Letras maiúsculas iguais não apresentam diferenças entre adubação de base dentro de N pasto e letras minúsculas iguais não apresentam diferenças entre N pasto dentro de adubação de base pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$).....28
- Gráfico 6 - Rendimento de grãos em relação a (A) Sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) e (B) presença (CAB) e ausência (SAB) de adubação de base na soja. Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%.....29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1	DESAFIOS E TECNOLOGIAS PARA A PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE ALIMENTOS NO BRASIL	13
2.2	A CONTRIBUIÇÃO DO SIPA NA CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E ATENDIMENTO ÀS DEMANDAS GLOBAIS	14
2.3	SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA: ARBORIZADO E NÃO ARBORIZADO	14
2.4	CICLAGEM DE NUTRIENTES E OTIMIZAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO.....	15
2.5	IMPACTO DO SIPA NO RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA	16
3	OBJETIVOS	19
4	HIPÓTESES	20
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
5.1	LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO, HISTÓRICO DA ÁREA E CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA	21
5.2	CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	23
5.3.	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	23
5.4	CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	23
5.5	CULTIVO DE SOJA.....	24
5.6	AMOSTRAGEM E ANÁLISE QUÍMICA DO TECIDO FOLIAR.....	24
5.7	AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO DA SOJA.....	25
5.8	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	25
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
7	CONCLUSÕES	31
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
	ANEXO A – COMPROVANTES DE PARTICIPAÇÃO EM EVENTO TÉCNICO-CIENTÍFICO.....	35

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda global por práticas de produção sustentável é impulsionada pelo aumento da população mundial, projetada para atingir 9,7 bilhões até 2050 (ONU, 2019). Para garantir a segurança alimentar e combater a fome, será necessário ampliar a produção de alimentos de forma ecologicamente responsável (ONU, 2019). No Brasil, um dos maiores produtores agrícolas do mundo, a adoção de tecnologias como agricultura de precisão, sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) e biotecnologia tem promovido maior produtividade em consonância com as práticas de preservação ambiental (EMBRAPA, 2021).

A conscientização dos consumidores e as regulamentações internacionais que exigem a redução da pegada de carbono e a conservação da biodiversidade intensificam a pressão por práticas agrícolas sustentáveis (FAO, 2020). A sinergia entre inovação tecnológica e políticas públicas é essencial para atender às demandas crescentes de maneira sustentável. O SIPA desempenha um papel fundamental, integrando atividades como produção de grãos, pecuária e florestas, favorecendo a biodiversidade e melhoria da qualidade do solo, por meio da rotação de culturas e cobertura permanente (Dominschek *et al.*, 2018).

Os principais SIPA adotados são o modelo não arborizado, que se caracteriza pela rotação entre culturas agrícolas e pastagens, visando otimizar o uso do solo. Por outro lado, no modelo arborizado, há a introdução de espécies exóticas (como o eucalipto) ou nativas, nas áreas de cultivo e pastagem, contribuindo para a recuperação da qualidade do solo, preservação da biodiversidade e mitigação dos impactos decorrentes das mudanças climáticas. Ambos os sistemas proporcionam, ao longo do tempo, maior rentabilidade e estabilidade ao produtor rural, ao promoverem um aumento na produtividade e na eficiência do uso dos recursos naturais (Trevelin, 2018).

A adubação na fase de inverno em um SIPA se destaca pela menor exportação de nutrientes devido ao pastejo animal. Esse manejo favorece a ciclagem desses nutrientes para a fase de lavoura, onde são reintegrados ao solo, reduzindo a necessidade de adubação externa (Rhoden e Scherer, 2022). A adubação na lavoura complementa esse processo, corrigindo as carências do solo conforme as análises (SBSCS/NEPAR, 2017).

Os SIPA têm mostrado benefícios significativos para o rendimento de grãos e nutrição das plantas da soja. A rotação de culturas e a integração de pastagem, lavoura e floresta favorecem a ciclagem de nutrientes no solo, reduzindo a necessidade de adubação externa e melhorando a eficiência no uso de fertilizantes (Bonetti, *et al.*, 2015). Estudos indicam que práticas adequadas de manejo, como o controle de pastejo e o uso de sistemas de semeadura

otimizados, podem aumentar o rendimento de grãos da soja, mesmo em solos com limitações estruturais (Sartori *et al.*, 2015).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da estratégia de adubação de sistema no rendimento de grãos da soja, em SIPA arborizado e não arborizado, bem como o efeito residual de duas doses de adubação nitrogenada aplicadas no inverno.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. DESAFIOS E TECNOLOGIAS PARA A PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE ALIMENTOS NO BRASIL

A crescente demanda global por alimentos é um dos maiores desafios do século XXI, impulsionada pelo aumento da população mundial, que está projetada para atingir 9,7 bilhões de pessoas até 2050 (ONU, 2019). Este crescimento populacional implica na necessidade de expandir a produção agrícola de forma a garantir a segurança alimentar e combater a fome, ao mesmo tempo em que se preserva o meio ambiente. Para atender a essa demanda sem prejudicar os recursos naturais, torna-se essencial adotar práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes.

No contexto global, o Brasil se destaca como um dos maiores produtores agrícolas, e sua capacidade de ampliar a produção sem comprometer a sustentabilidade ambiental tem sido possível devido à adoção de diversas tecnologias inovadoras. A agricultura de precisão é uma das principais tecnologias responsáveis por aumentar a eficiência produtiva, permitindo o uso otimizado de insumos e minimizando os impactos ambientais. Essa técnica envolve o monitoramento e o controle preciso de variáveis do campo, como o uso de fertilizantes, água e defensivos, com o objetivo de reduzir o desperdício e melhorar a produtividade das culturas (Branderburg *et al.*, 2024).

Além da agricultura de precisão, os SIPA têm ganhado destaque no Brasil como uma estratégia de produção sustentável. O SIPA é um modelo de sistema que integra lavoura, pecuária e, em alguns casos, floresta, promovendo uma utilização mais eficiente da terra. Os sistemas integrados permitem a rotação de culturas e a recuperação do solo, o que contribui para a melhoria da fertilidade e a sustentabilidade da produção (Bieluczyk *et al.*, 2022). A adoção do SIPA também favorece a diversificação de produção, permitindo ao produtor mitigar riscos associados às variações de mercado e às condições climáticas.

A biotecnologia, incluindo o uso de sementes geneticamente modificadas, também tem desempenhado um papel importante na produção agrícola sustentável no Brasil. A utilização de sementes transgênicas, como as de soja resistente a herbicidas e a pragas, tem permitido o aumento do rendimento de grãos e a redução do uso de defensivos agrícolas, o que resulta em menores impactos ambientais (EMBRAPA, 2021). Além disso, a biotecnologia tem contribuído para o desenvolvimento de cultivos mais resistentes às mudanças climáticas, como déficit hídricos e amplitudes de temperaturas - fatores que afetam diretamente a produção agrícola.

2.2. A CONTRIBUIÇÃO DO SIPA NA CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E ATENDIMENTO ÀS DEMANDAS GLOBAIS

A crescente conscientização dos consumidores e as regulamentações internacionais que buscam reduzir a pegada de carbono e preservar a biodiversidade reforçam a necessidade de práticas agrícolas mais sustentáveis. A FAO (2020) enfatiza que para garantir a segurança alimentar e a sustentabilidade, as práticas agrícolas devem equilibrar a produção de alimentos com a preservação ambiental. Nesse contexto, o SIPA tem se destacado como uma alternativa eficiente, integrando atividades agrícolas, pecuária e, em algumas abordagens, o cultivo de florestas. Esse modelo, quando bem manejado, promove a rotação de culturas, mantém e/ou melhora a fertilidade do solo e melhora a sua estrutura, além de aumentar a retenção de carbono (Costa *et al.*, 2017).

A rotação de culturas, especialmente entre lavouras e pastagens, tem impacto positivo na ciclagem de nutrientes, reduzindo a dependência de insumos externos, como fertilizantes. A diversificação do sistema resulta em maior biodiversidade, o que favorece a saúde do solo e a resistência das culturas a pragas e doenças. A integração de florestas no sistema tem trazido benefícios, como a recuperação de solos degradados e a melhoria das condições microclimáticas, garantindo a sustentabilidade a longo prazo (Costa *et al.*, 2017).

Além dos benefícios agronômicos, o SIPA tem impacto econômico positivo. A diversificação reduz os riscos financeiros associados a flutuações de mercado e permite ao produtor aproveitar diferentes fontes de receita, tornando o modelo mais resiliente a mudanças climáticas e oscilações de preços. Um estudo de Bonatto (2018) mostrou que a adoção do SIPA pode aumentar a rentabilidade das propriedades rurais, melhorando a sustentabilidade ambiental.

Entretanto, a implementação do SIPA apresenta desafios, como a necessidade de planejamento adequado e capacitação dos produtores. A falta de infraestrutura e políticas públicas também pode dificultar a adoção em larga escala desse modelo.

2.3. SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA: ARBORIZADO E NÃO ARBORIZADO

Os SIPA são uma estratégia importante para promover a sustentabilidade na produção agrícola, o modelo não arborizado de SIPA é caracterizado pela rotação entre culturas agrícolas e pastagens, sem a presença de árvores. Esse sistema visa otimizar o uso do solo por meio da alternância de diferentes culturas e do pastoreio, promovendo a recuperação da fertilidade do

solo e o aumento do rendimento de grãos. De acordo com Trevelin (2018), a rotação entre culturas agrícolas e pastagens permite a manutenção de nutrientes no solo e a minimização da degradação, melhorando a sustentabilidade da produção sem a necessidade de intensivos insumos externos. A diversificação proporcionada por esse modelo reduz os riscos associados à dependência de um único cultivo e ao manejo de monoculturas, além de aumentar a eficiência no uso da terra.

No modelo arborizado, há a introdução de árvores nas áreas de cultivo e pastagem, como o eucalipto, visando à recuperação de solos degradados, à preservação da biodiversidade e à mitigação dos impactos das mudanças climáticas. A presença de árvores também contribui para a melhoria da qualidade do solo por meio da ciclagem de nutrientes e da proteção contra a erosão. A integração de árvores no sistema contribui para um microclima mais favorável às culturas e ao pastoreio, ao mesmo tempo em que oferece uma fonte adicional de renda para os produtores, com o aproveitamento das árvores para madeira ou outros produtos (Skorupa & Manzatto, 2015). Além disso, o uso de árvores auxilia na captura de carbono, contribuindo para a redução da pegada de carbono da produção agrícola, o que é essencial diante das demandas por práticas agrícolas sustentáveis.

Ambos os modelos de SIPA, arborizados e não arborizados, oferecem benefícios econômicos e ambientais. Esses sistemas permitem melhor utilização do solo, diversificação da produção e aumento da resiliência aos impactos climáticos, como secas e chuvas intensas. Contudo, a implementação dos sistemas integrados exige planejamento cuidadoso, conhecimento técnico e capacitação dos produtores, além de investimentos em infraestrutura adequada. A adoção de práticas como a integração de árvores pode enfrentar obstáculos relacionados à gestão adequada da floresta e à adaptação das práticas agrícolas (Bichel, 2023).

2.4. CICLAGEM DE NUTRIENTES E OTIMIZAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

A adubação, componente chave em SIPA, tem sido cuidadosamente planejada para otimizar o uso de insumos e reduzir impactos ambientais, principalmente quando se considera a adubação na fase de inverno e na fase de lavoura. Durante a fase de inverno, a adubação no SIPA tem uma importância significativa para a manutenção da fertilidade do solo. O manejo da pastagem no inverno, como a rotação entre culturas e o uso de espécies forrageiras adaptadas, reduz a exportação de nutrientes, favorecendo a ciclagem natural dos mesmos e o acúmulo de fitomassa vegetal para a cultura posterior (Rhoden & Scherer, 2022). Isso acontece porque as plantas de inverno, ao se desenvolverem, absorvem e acumulam nutrientes do solo, que depois

são liberados de volta ao solo com a decomposição da matéria orgânica; esse ciclo biológico reduz a necessidade de adubação externa e contribui para a manutenção do estoque de nutrientes essenciais ao longo das estações (Souza *et al.*, 2018).

Embora o manejo da adubação na fase de inverno tenha um impacto positivo na fertilidade do solo, a fase de lavoura também exige uma gestão mais eficiente para garantir o sucesso da produção. A adubação durante essa fase visa complementar os nutrientes já presentes no solo, corrigindo deficiências que possam existir e promovendo a máxima produtividade das culturas. De acordo com SBCS/NEPAR (2017), a adubação da soja deve ser realizada de acordo com as análises de solo, que indicam quais nutrientes precisam ser supridos para garantir o bom desenvolvimento da cultura.

A decisão de aplicar ou não adubação na fase de lavoura depende de diversos fatores, como o tipo de cultura, a produção almejada, o estado de fertilidade do solo e as práticas adotadas na fase anterior. Em algumas situações, como em sistemas bem manejados, com uso de culturas de cobertura e rotação de culturas, a necessidade de adubação na fase de lavoura pode ser reduzida significativamente ou até ser retirada (Zortea, 2021).

2.5. IMPACTO DO SIPA NO RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA

O SIPA tem sido amplamente reconhecido por sua capacidade de otimizar o uso da terra e promover a sustentabilidade na agricultura. Um dos principais benefícios desse sistema é a interação entre as diversas camadas do perfil do solo, explorado de forma diferenciada pelas plantas envolvidas, como a soja, as pastagens e as árvores (no caso dos modelos arborizados). Esta dinâmica é crucial para melhorar a nutrição das plantas e aumentar o rendimento de grãos, particularmente no cultivo de soja (Sartori *et al.*, 2015).

Em um SIPA, as pastagens e a soja geralmente exploram as camadas superiores do solo (0-55 cm), com raízes rasas ou médias, enquanto as árvores, no modelo arborizado, conseguem acessar as camadas mais profundas do solo (até 2,5m). As raízes dessas árvores, como o eucalipto, penetram mais profundamente no solo, onde capturam nutrientes que estão além do alcance das raízes de culturas agrícolas. Este processo de exploração das camadas mais profundas do solo pelas árvores é vantajoso porque elas conseguem acessar nutrientes como potássio (K), fósforo (P) e outros nutrientes (Bordin *et al.*, 2008; Bonetti *et al.*, 2015).

Além disso, a decomposição das folhas e galhos das árvores nas camadas mais superficiais do solo libera esses nutrientes de forma gradual, o que melhora a fertilidade do solo e beneficia a soja. As folhas e galhos que caem das árvores no modelo arborizado são fonte de

matéria orgânica, que, ao se decompor, contribui para a formação de húmus e a melhoria das propriedades físicas e químicas do solo. A presença de matéria orgânica no solo aumenta sua capacidade de retenção de água, melhora a estrutura do solo e proporciona um ambiente mais favorável para o desenvolvimento das raízes (Rhoden e Scherer, 2022).

Esse processo de liberação gradual de nutrientes também reduz a necessidade de adubação externa, uma vez que o sistema natural de ciclagem de nutrientes no SIPA mantém o solo equilibrado. A soja, que geralmente depende de grandes quantidades de nutrientes para seu desenvolvimento, especialmente nitrogênio (N), P e K, beneficia-se dessa ciclagem, uma vez que as árvores ajudam na reposição contínua de nutrientes (Sartori *et al.*, 2015).

Outro ponto importante é a interação entre as raízes de pastagens e soja, que ficam localizadas em camadas mais superficiais do solo. As raízes de pastagens têm a função de captar nutrientes superficiais e ajudar na estruturação do solo, prevenindo sua compactação. Essa combinação de raízes mais profundas das árvores e raízes mais rasas das pastagens e soja contribui para a criação de uma rede eficiente de absorção de nutrientes em todo o perfil do solo, aumentando a eficiência do uso de nutrientes e promovendo a sustentabilidade do sistema agrícola (Bonetti *et al.*, 2015).

Em relação ao rendimento de grãos, a integração com pastagens e árvores nos modelos SIPA tem impacto positivo (Silva, 2012). A integração de pastagens contribui para o controle da erosão do solo e melhora sua estrutura, criando condições mais favoráveis para o desenvolvimento das raízes da soja. Além disso, a diversificação proporcionada pelas árvores e pastagens reduz os riscos de flutuações de mercado e mudanças climáticas, o que pode proporcionar uma maior estabilidade na produção (Bonetti *et al.*, 2015).

No entanto, a inclusão do componente arbóreo nos sistemas de produção também apresenta desafios. O sombreamento causado pelas árvores pode reduzir a quantidade de luz disponível para as culturas agrícolas, afetando negativamente seu crescimento e rendimento. Estudos indicam que níveis elevados de sombreamento podem diminuir a produtividade da soja, especialmente quando a densidade de plantio é inadequada (Silva *et al.*, 2021). Além disso, a presença de árvores reduz a área agricultável disponível, exigindo um planejamento cuidadoso do espaçamento e arranjo das plantas para minimizar os impactos negativos sobre as culturas (Antonio *et al.*, 2012).

Pesquisas indicam que, em sistemas bem manejados, a soja cultivada em SIPA pode alcançar rendimentos semelhantes ou até superiores em relação a sistemas de monocultura, mesmo quando o solo apresenta limitações estruturais ou de fertilidade. A rotação de culturas, como a soja seguida de pastagem ou o cultivo de árvores, também contribui para a melhoria da

qualidade do solo, promovendo a ciclagem de nutrientes e aumentando a eficiência do uso dos fertilizantes. Com isso, há uma redução na necessidade de adubação externa, o que pode resultar em menores custos para o produtor e maior sustentabilidade do sistema a longo prazo (Sartori *et al.*, 2015).

Esses benefícios combinados — aumento do rendimento de grãos, redução da necessidade de insumos externos e melhoria da qualidade do solo — tornam o SIPA uma alternativa atraente e sustentável em comparação com sistemas de cultivo exclusivamente voltados para a monocultura. A integração de diferentes sistemas produtivos contribui para a maior resiliência do solo, melhor uso dos recursos naturais e um incremento no rendimento agrícola, com foco na sustentabilidade a longo prazo (Bonetti *et al.*, 2015).

3. OBJETIVOS

Avaliar os SIPA, com histórico de presença ou ausência do componente arbóreo, e estratégias de adubação sobre os componentes do rendimento de grãos da soja, em experimento de longo prazo, após a retirada do componente arbóreo.

4. HIPÓTESES

A retirada do componente arbóreo influencia positivamente o rendimento de grãos da soja.

O uso de doses de adubação nitrogenada nas pastagens tem efeito residual que favorece o rendimento de grãos da soja cultivada em SIPA.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO, HISTÓRICO DA ÁREA E CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

O experimento foi conduzido na Estação de Pesquisa Fazenda Modelo do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - IAPAR-Emater (IDR-Paraná), localizado em Ponta Grossa, região centro-sul do Estado do Paraná, localizada a 25° 07'22" S; 50° 03'01" W, altitude de 953 m. A área experimental está apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Imagem aérea da área experimental, destacando os limites da área de estudo e a disposição das parcelas para o experimento.



Fonte: Google Earth, 2024.

O experimento vem sendo conduzido desde 2006. Durante o inverno tem sido realizado o consórcio de gramíneas forrageiras (aveia preta e azevém anual) e no verão, a produção de grãos de soja ou milho (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo das informações das culturas em rotação na área experimental, nos últimos 4 anos.

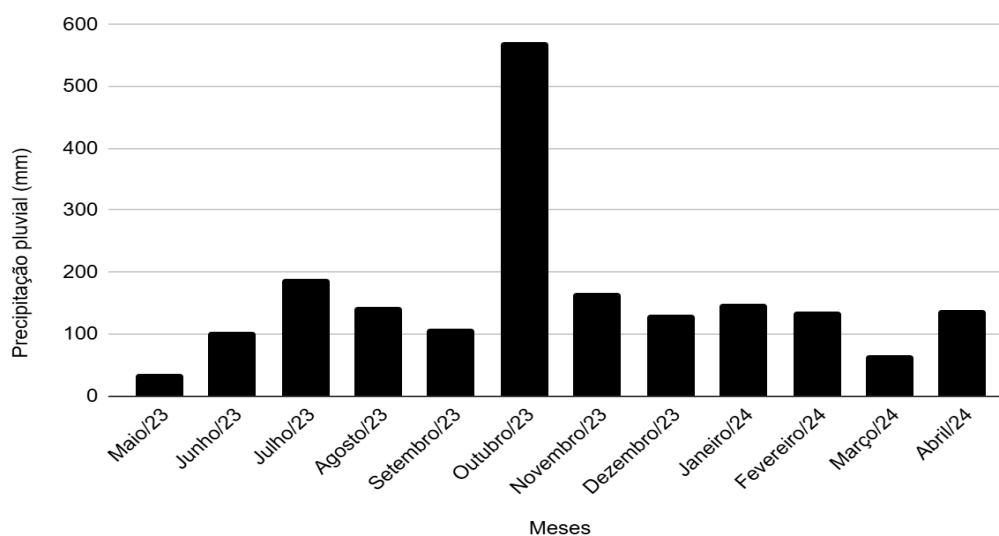
Cultura	Época de semeadura	Densidade de semeadura	Manejo de cobertura e colheita	Rendimento médio das culturas
Soja (2019/20)	Novembro	29,4 sementes m ⁻²	Maio	3803 kg grãos ha ⁻¹
Aveia granífera (2020)	Junho	388 sementes m ⁻²	Outubro	1712 kg grãos ha ⁻¹
Milho (2020/21)	Novembro	6,63 sementes m ⁻¹	Abril	7643 kg grãos
Aveia granífera (2021)	Junho	555 sementes m ⁻²	Outubro	3617 kg grãos ha ⁻¹
Soja (2021/22)	Novembro	29,4 sementes m ⁻¹	Abril	4340 kg grãos ha ⁻¹
Aveia preta e azevém (2022)	Abril	400 sementes m ⁻² e 100 sementes m ⁻²	Dessecação 23 dias após a saída dos animais	7225 kg MS ha ⁻¹
Milho (2022/2023)	Dezembro	6,63 sementes m ⁻²	Maio	8150 kg grãos ha ⁻¹

Fonte: o autor.

Nota: ¹Dessecação usando glifosato (1335 g ha⁻¹ de i.a.) e 2,4-D (1340 g ha⁻¹ de i.a.), respectivamente; ² Massa seca da parte aérea.

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger (Peel *et al.*, 2007), o clima da região é classificado como Cfb. No decorrer deste estudo (05/2023 a 04/2024) os dados de precipitação foram registrados e estão apresentados na Figura 2.

Figura 2 - Precipitação pluvial média mensal na região de Ponta Grossa - PR durante o período de doze meses de execução do experimento. Estação meteorológica localizada a 3300 m do experimento.



Fonte: Estação Meteorológica da BASF - Fazenda Escola Capão da Onça da UEPG, Ponta Grossa, 2024.

5.4. CULTIVO DE PASTAGEM ANUAL DE INVERNO

No inverno de 2023, foi implantada a pastagem de aveia preta (*Avena strigosa*) cv. Iapar 61 e azevém anual (*Lolium multiflorum*) BRS Ponteio, utilizando-se 80 e 30 kg ha⁻¹ de sementes, respectivamente. A semeadura foi realizada no dia 29 de maio de 2023, empregando adubação de base de 346 kg ha⁻¹ de NPK (10-20-20). Foi feita adubação de cobertura com 50 e 150 kg ha⁻¹ de N (de acordo com cada tratamento) e 50 kg ha⁻¹ de KCl no dia 11 de julho de 2023, em toda área experimental, aos 30 DAE. No mês de novembro/2023, aos 151 DAE, foi feita a coleta da fitomassa residual em uma área de 0,25 m², com cinco amostras coletadas no SIPA arborizado e três amostras aleatórias por unidade experimental no SIPA não arborizado.

5.5. CULTIVO DE SOJA

A semeadura da cultivar de soja Brasmax Lotus IPRO foi realizada no dia 21 de novembro de 2023, empregando espaçamento entre linhas de 0,40 m e densidade de 29,4 sementes/m². A adubação de base, quando presente, foi de 360 kg ha⁻¹ de NPK (02-20-18). Cada unidade experimental contou com duas subparcelas de 18 x 14 m, sendo uma com adubação de base (CAB) e a outra sem adubação de base (SAB), em ambos os SIPA.

O tratamento de sementes foi realizado com o produto comercial Standak TOP, que possui ação fungicida e inseticida, e foi realizada a inoculação com *Bradyrhizobium sp.* Aos 5 DAE, foi realizada a aplicação de herbicidas, sendo glifosato na dose de 1335 g ha⁻¹ do i.a. e cletodim na dose de 240 g ha⁻¹ do i.a. Aos 37 DAE, aplicou-se os fungicidas trifloxistrobina na dose de 75 g ha⁻¹ do i.a. e proticonazole na dose de 88 g ha⁻¹ do i.a. Aos 57 DAE, foi aplicado os fungicidas fluxapiroxade na dose de 62 g ha⁻¹ do i.a. e piraclostrobina na dose de 123,21 g ha⁻¹ do i.a., e os inseticidas beta-ciflutrina na dose de 14 g ha⁻¹ do i.a. e imidacloprido na dose de 112 g ha⁻¹ do i.a. Aos 72 DAE, realizou-se a aplicação do fungicida trifloxistrobina na dose de 75 g ha⁻¹ do i.a. e proticonazole na dose de 88 g ha⁻¹ do i.a., e dos inseticidas acetamiprido na dose de 75 g ha⁻¹ do i.a. e bifentrina na dose de 75 g ha⁻¹ do i.a. Por fim, aos 102 DAE, foi os fungicidas fluxapiroxade na dose de 62 g ha⁻¹ do i.a. e piraclostrobina na dose de 123,21 g ha⁻¹ do i.a.

5.6. AMOSTRAGEM E ANÁLISE QUÍMICA DO TECIDO FOLIAR

No estágio R2 da soja, realizou-se a coleta de amostras de tecido vegetal para fins de diagnose foliar de N, P e K nas plantas. Para isso, foram coletados 30 trifólios por subparcela no SIPA não arborizado e 10 trifólios, por distância estudada, no SIPA arborizado, totalizando

30 trifólios por subparcela, sendo as distâncias definidas em função da maior ou menor proximidade dos renques arbóreos. Essas amostras foram levadas a uma estufa a 40°C até atingir massa constante e posteriormente moídas para análise, segundo Malavolta *et al.* (1997).

5.7. AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO DA SOJA

Para avaliação dos componentes de rendimento da soja, foram coletadas as 10 primeiras plantas por ponto amostral, totalizando 32 m² por unidade experimental. No laboratório, foi realizada a contagem do número de grãos por vagens, número de vagens por planta e massa de mil grãos (MMG).

Para avaliação do rendimento de grãos, foram coletados 10 metros lineares em cada subparcela, perfazendo uma área de 4 m² em SIPA não arborizado e, duas linhas de 5 metros por distância, perfazendo uma área de 20 m² em SIPA arborizado. Essas amostras foram cuidadosamente trilhadas e os grãos colhidos foram pesados e os valores ajustados considerando a umidade dos grãos em 13%. Foram determinados os valores de umidade dos grãos e corrigidos para 130 g kg⁻¹ dos componentes de rendimento e rendimento de grãos de soja.

5.8. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Após a obtenção dos dados, todas as variáveis foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, conforme proposto por Shapiro e Wilk (1965), com o objetivo de verificar o atendimento ao pressuposto de normalidade dos resíduos. Nos casos em que esse pressuposto não foi atendido, procedeu-se à transformação dos dados utilizando o método de Box-Cox. As variáveis que necessitaram dessa transformação foram: número de legumes planta⁻¹, massa de grãos planta⁻¹ e concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) no tecido foliar.

Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando-se o modelo de parcelas subdivididas. As análises foram conduzidas com o auxílio do software R, dentro do R Studio (R Core Team, 2023). As parcelas principais foram compostas pela combinação entre o sistema de cultivo (GL = 1) e as doses de nitrogênio aplicadas na pastagem (GL = 1), enquanto as subparcelas corresponderam ao fator adubação de base. O delineamento experimental considerou o fator bloco (GL = 2) como efeito aleatório, sendo os demais fatores tratados como efeitos fixos. Quando a análise de variância indicou significância estatística ($p < 0,05$), foi aplicado o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, para a comparação das médias dos tratamentos.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de variância (ANOVA) estão apresentados na Tabela 3. O número de vagens por planta e a massa de grãos por planta não apresentaram diferenças ($P>0,05$), entre os fatores estudados. As plantas produziram, em média $57,3 (\pm 1,00)$ vagens e $12,2 (\pm 0,4)$ g de grãos por planta. A população final foi de, em média, $15,67$ plantas metro⁻².

Tabela 3 - Análise de Variância pelo Teste F das variáveis associadas a fitomassa residual, concentrações foliares de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos de soja.

Variáveis	Tipo de SIPA ¹ (A)	Adubo base (B)	N ² pasto (C)	(AxB)	(AxC)	(BxC)
Fitomassa residual	***	NS	NS	NS	NS	NS
Concentração de N	NS	NS	NS	*	NS	NS
Concentração de P	**	NS	NS	NS	NS	NS
Concentração de K	***	NS	NS	NS	NS	NS
MMG	***	NS	*	NS	NS	*
Rendimento de grãos	***	*	NS	NS	NS	NS

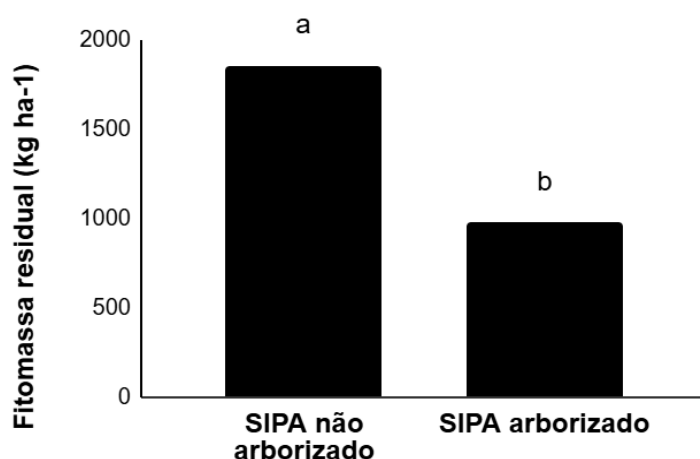
(***) $P<0,001$; (**) $P<0,01$; (*) $P<0,05$; & (NS) não significativo.

Fonte: o autor.

Nota: ¹Sistema Integrado de Produção Agropecuária; ²Nitrogênio.

A fitomassa residual no SIPA não arborizado foi superior à do SIPA arborizado (Gráfico 1). No SIPA arborizado, as plantas são influenciadas pelo sombreamento das árvores (que ainda estavam presentes no inverno), o que reduz a produção de biomassa vegetal. Como consequência, o acúmulo de fitomassa residual para o plantio direto é menor. Nesse contexto, as culturas de inverno, quando cultivadas em áreas não arborizadas do SIPA, apresentam maior acúmulo de biomassa, o que resulta em uma quantidade maior de fitomassa residual subsequente (Costa *et al.*, 2017).

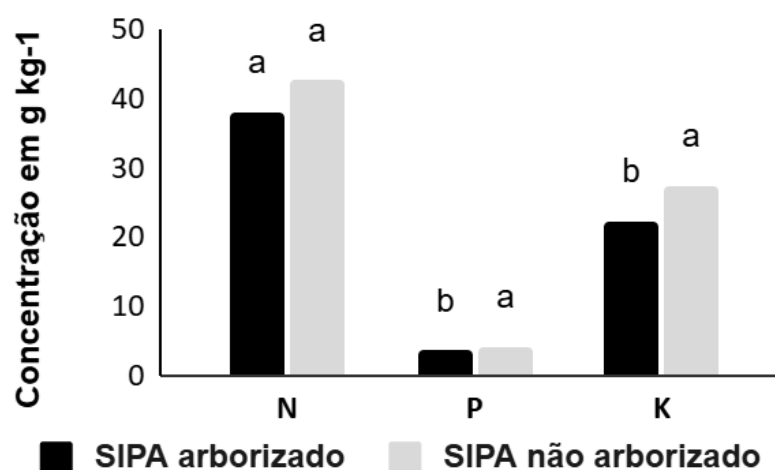
Gráfico 1 - Fitomassa residual da pastagem de aveia e azevém no pré soja (novembro/2023) em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA). Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%.



Fonte: o autor.

Com relação às concentrações de nutrientes nas folhas - na diagnose foliar (Gráfico 2), não foram observadas diferenças entre diferentes SIPA para a concentração de N. No entanto, foram observadas concentrações mais elevadas de P e K nas folhas de soja em SIPA não arborizado. Esse fato pode ser atribuído ao maior acúmulo de fitomassa residual no SIPA não arborizado, o que favorece a mineralização e a disponibilização desses nutrientes para a cultura subsequente, no caso, a soja (Carpinelli, 2019). Segundo Marschner (2012), no SIPA arborizado, a concentração de N está abaixo da faixa ideal para a soja, enquanto no SIPA não arborizado ela se encontra dentro do intervalo adequado. Já para o P, a concentração no SIPA arborizado está na faixa ideal, ao passo que no SIPA não arborizado é superior ao recomendado. Quanto ao K, a concentração no SIPA arborizado excede os níveis adequados.

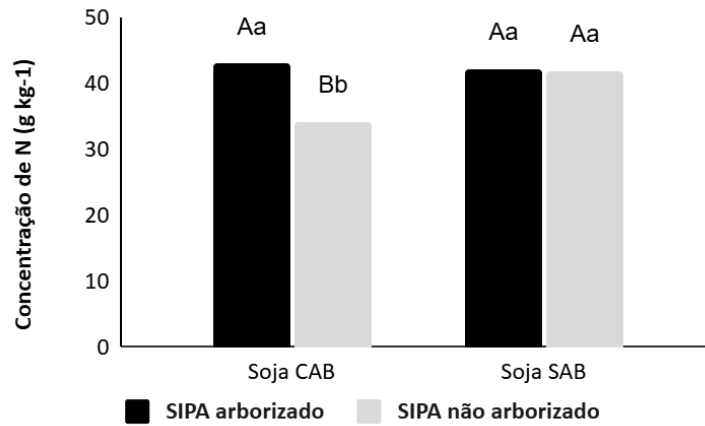
Gráfico 2 - Concentração de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no tecido vegetal da soja em R2 em resposta aos Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA). Letras iguais, para cada nutriente, não diferem pelo teste de Tukey a 5%.



Fonte: o autor.

Foi observada interação entre tipo de SIPA e adubação de base para a concentração foliar de N (Gráfico 3). As maiores diferenças em relação à concentração de N foram observadas no SIPA não arborizado. Nesse caso, a soja com adubação de base (CAB) apresentou menor concentração de N. Provavelmente, o SIPA não arborizado teve maior fertilidade, devido ao acúmulo de fitomassa residual proveniente das culturas subseqüentes, em comparação com o SIPA arborizado. Dessa forma, a disponibilidade de N no solo pode ter sido influenciada pelas altas concentrações de P e K presentes no adubo de base, que se somaram ao maior teor desses nutrientes já presente no solo do SIPA não arborizado, devido à ciclagem de nutrientes na fitomassa residual. Esse acúmulo excessivo de P e K pode ter causado um desbalanço nutricional nas plantas, afetando a disponibilidade de N no solo (Maia *et al.*, 2003).

Gráfico 3 - Concentração de nitrogênio (N) nas folhas de soja em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) com presença (CAB) ou ausência (SAB) de adubação de base na soja. Letras maiúsculas iguais não apresentam diferenças entre SIPA dentro de adubação de base e letras minúsculas iguais não apresentam diferenças entre adubação de base dentro de SIPA, pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$).

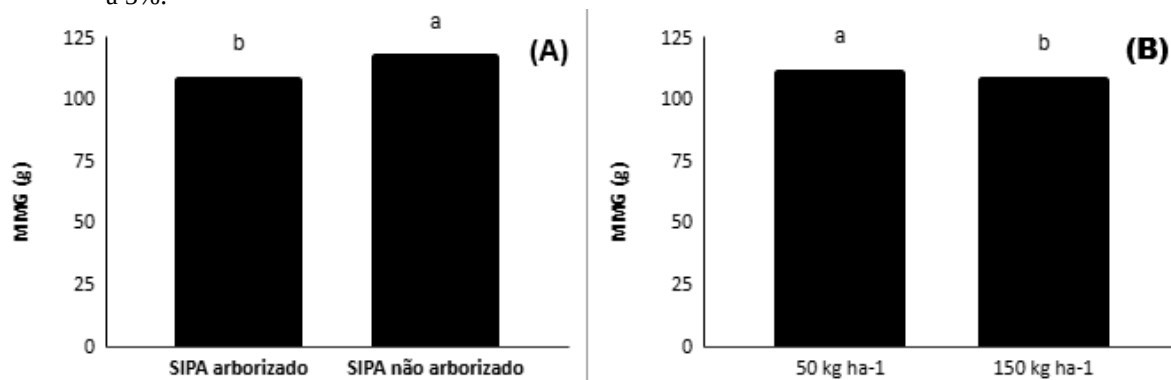


Fonte: o autor.

Maiores valores de MMG foram observados nos tratamentos com SIPA não arborizado (Gráfico 4). Essa maior MMG pode estar relacionada com a maior fitomassa residual presente no SIPA não arborizado (Gráfico 1), que certamente mineralizou e disponibilizou nutrientes para as plantas, favorecendo maior MMG (Vargas, 2023).

Maiores valores de MMG foram observados nos tratamentos com menor dose de N na fase de pastagem (Gráfico 4). E a menor MMG no tratamento com maior dose de N pode estar relacionada com um atraso na associação com bactérias fixadoras de N. Esse atraso no processo de fixação pode ter prejudicado o desenvolvimento das plantas a longo prazo, impactando a qualidade de sua produção (Butrinowski *et al.*, 2015).

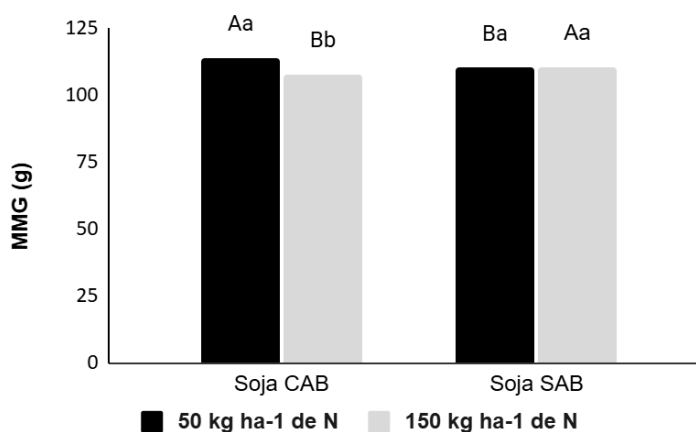
Gráfico 4 - Massa de mil grãos (MMG) em relação a (A) Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA) e (B) doses de Nitrogênio (50 ou 150 kg ha⁻¹) na fase pasto. Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%.



Fonte: o autor.

Houve uma interação entre o tipo adubação de base e N pasto para MMG (Gráfico 5), onde na soja CAB os tratamentos com 50 kg ha⁻¹ de N na fase de pastagem apresentaram maior MMG, enquanto que na soja SAB, os tratamentos com maior MMG foram observados na dose de 150 kg ha⁻¹ na pastagem. Nos tratamentos CAB, a dose de 50 kg ha⁻¹ de N foi suficiente para o crescimento e aumento da MMG. Já nos tratamentos SAB, a dose de 150 kg ha⁻¹ de N supriu a deficiência nutricional, promovendo maior MMG (Araujo *et al.*, 2013).

Gráfico 5 - Massa de mil grãos (MMG) em função de presença (CAB) ou ausência (SAB) de adubação de base na soja e diferentes doses de nitrogênio (N) na fase pasto. Letras maiúsculas iguais não apresentam diferenças entre adubação de base dentro de N pasto e letras minúsculas iguais não apresentam diferenças entre N pasto dentro de adubação de base pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$).



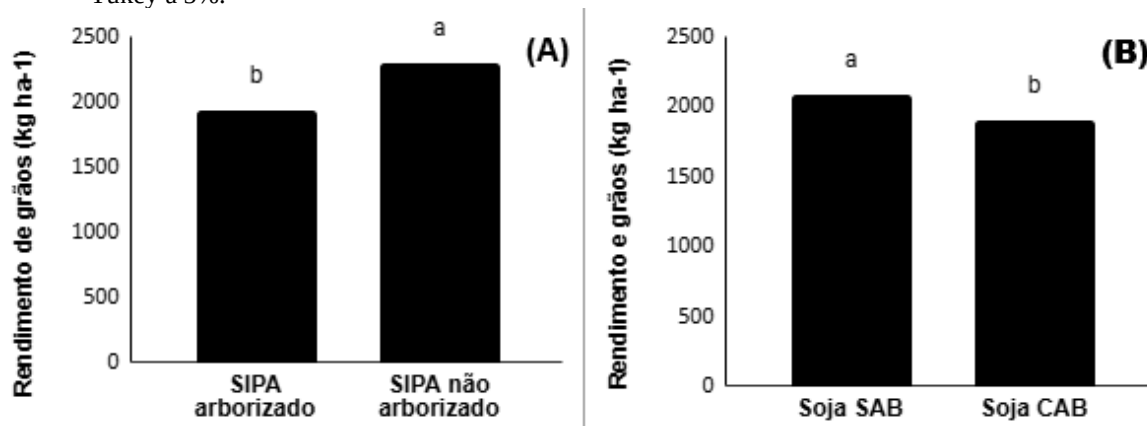
Fonte: o autor.

Quanto ao rendimento de grãos de soja, foram observados maiores valores em SIPA não arborizado (Gráfico 6). O menor rendimento de grãos em SIPA arborizado pode ser decorrente do histórico da área, que está há 18 anos em SIPA arborizado. No inverno, o efeito do sombreamento pelas árvores ainda estava presente; assim, houve menor acúmulo de biomassa pelas plantas forrageiras, o que, por consequência, diminuiu a disponibilidade de

nutrientes subsequentemente.

O rendimento de grãos foi superior na ausência de adubação de base na soja (Gráfico 6). Portanto, não houve resposta, em termos de rendimento de grãos da soja, a adubação suplementar na fase lavoura do SIPA.

Gráfico 6 - Rendimento de grãos em relação a (A) Sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) e (B) presença (CAB) e ausência (SAB) de adubação de base na soja. Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%.



Fonte: o autor.

Ao comparar os resultados deste estudo com as informações da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) para a safra 2023/24, observa-se que o rendimento médio de grãos registrado foi inferior à média nacional (3.202 kg/ha) e à média do Paraná (3.200 kg/ha). Esse desempenho pode estar relacionado a fatores como a baixa pluviosidade na região (Figura 2), efeitos alelopáticos, alta presença de plantas daninhas e forte pressão da doença Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na área experimental.

O fator mais determinante para o maior rendimento de grãos em SIPA não arborizado foi a MMG (que foi superior). Ainda, apesar das árvores do SIPA arborizado terem sido cortadas anteriormente a semeadura da soja, é provável que o efeito do histórico da área, que está sob SIPA arborizado a 18 anos, pode ter modificado a qualidade química e física do solo, assim como outros fatores importantes para o rendimento de grãos da soja (Bonetti, 2015).

7. CONCLUSÕES

- Os efeitos da presença de árvores no rendimento de grãos de soja permanecem, mesmo após o seu corte raso.
- O rendimento de grãos de soja não foi influenciado pelo uso ou não de adubação de base.
- O acréscimo de N na pastagem de inverno não teve efeito no rendimento da cultura subsequente de soja, em SIPA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONIO, S. F. *et al.* Produtividade da soja em sistema arborizado no noroeste do Paraná. **VI Congresso Brasileiro de Soja**. Cuiabá, 2012.

ARAUJO, K.; *et al.* Produtividade e teor foliar de nitrogênio na soja em função da pressão de pastejo, época de dessecação e aplicação de nitrogênio em sistema lavoura-pecuária. **VIII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja**. Londrina, 2013.

BASF. **Dados Meteorológicos 2015-2024 Estação Metereológica BASF**. Estação Metereológica da BASF - Fazenda Escola Capão da Onça da UEPG. Ponta Grossa, 2024.

BICHEL A. **Dimensões espacial e econômica de sistemas integrados de produção agropecuária**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

BIELUCZYK W. *et al.* Manejo do solo para a sustentabilidade de sistemas integrados de produção agropecuária.. In: MARTINS, A. G. **Manejo do solo em sistemas integrados de produção**. 1. ed. p. 80-128. Ponta Grossa: Atena Editora, 2022.

BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J. **Mapeamento dos solos e aptidão agrícola das terras da Fazenda Modelo – Ponta Grossa, PR**. Embrapa Florestas. Colombo, p. CD-ROM. 2003.

BONATTO R. A. **Subsídios à adoção de sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) como mecanismo promotor do desenvolvimento rural sustentável**. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

BONETTI, J. A. *et al.* Influência do sistema integrado de produção agropecuária no solo e na produtividade de soja e braquiária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 45, n. 1, p. 104-112, jan/mar. 2015.

BORDIN I. *et al.* Matéria seca, carbono e nitrogênio de raízes de soja e milho em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.43, n.12, p.1785-1792, dez. 2008.

BRANDERBURG B.; RECKLEBEN Y.; GRIEPENTROG H. W. Evaluation of the PROMET model for yield estimation and N fertilization in on-farm research. **Precision Agriculture**. Kiel, 2024.

BUTRINOWSKI R. T. *et al.* Adubação nitrogenada e a fixação biológica através do inoculante *Bradyrhizobium japonicum* no desenvolvimento vegetativo da soja. **Acta Iguazu**. Cascavel, v.4, n.3, p. 1-9, 2015.

CARPINELLI, S., DA FONSECA, A. F., ASSMANN, T. S., & PONTES L. S. Effects of trees and nitrogen supply on macronutrient cycling in integrated crop-livestock systems. **Agronomy Journal**. Ponta Grossa, p. 1-14, 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: Safra 2022/2023**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 19 dez. 2024.

COSTA J. A. A. *et al.* Sistemas Integrados de Producción Agropecuaria –SIPA, todos os motivos para iniciar-los. **XLIV Reunión Científica de AMPA**. Chiapas, 2017.

DOMINSCHKE R. *et al.* Sistemas integrados de produção agropecuária na promoção da intensificação sustentável. **Boletim técnico do núcleo de inovação tecnológica em agropecuária**. Curitiba, v. 1, 2018.

EMBRAPA. **Agricultura de Precisão (AP) para sustentabilidade do sistema produtivo agrícola, pecuário e florestal brasileiro**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-projetos/-/projeto/216563/agricultura-de-precisao-ap-para-sustentabilidade-do-sistema-produtivo-agricola-pecuario-e-florestal-brasileiro>. Acesso em: 1 abr. 2025.

EMBRAPA. **Cultivares de soja transgênicas da Embrapa indicadas para o cultivo no Brasil**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/570161/1/p200624.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2025.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Sustainable Agriculture**. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/sustainability/sustainable-agriculture/en/>. Acesso em: 22 jul. 2024.

GOOGLE LLC. **Google Earth**. 2024. Disponível em: <https://earth.google.com>. Acesso em: 15 mar. 2025.

MAIA V. M. *et al.* Efeitos de doses de nitrogênio, fósforo e potássio sobre os componentes da produção e a qualidade de bananas ‘prata anã’ no distrito agroindustrial de Jaíba. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 319-322, ago. 2003.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, 1997.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. **Academic Press**. London, 3. ed., 2012.

ONU. **United Nations. World Population Prospects**, 2019. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/>. Acesso em: 22 jul. 2024.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MACMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 5, p. 1633–1644, 2007.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023.

RHODEN A. C.; SCHERER L. S. Adubação de sistemas e produtividade de culturas. **Revista Inovação – Gestão e Tecnologia no Agronegócio**. Itapiranga, v. 1, n.2, 2022.

SARTORI G. M. S. *et al.* Rendimento de grãos de soja em função de sistemas de plantio e irrigação por superfície em Planossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília v.50, n.12, p.1139-1149, dez. 2015.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. **An analysis of variance test for normality (complete samples)**. *Biometrika*, v. 52, n. 3-4, p. 591–611, 1965.

SILVA A. F. da. O sombreamento e densidade modificam a eficiência do uso da radiação, crescimento e produtividade da soja? **Agrometeoros**. Passo Fundo, v.29, e026786, 2021.

SILVA V. P. da. **Produtividade em sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no subtropical brasileiro**. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, 2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Núcleo Estadual Paraná. Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBSCS/NEPAR, 2017.

SOUZA M. S. *et al.* Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. **PUBVET**. Serra Talhada, v.12, n.5, a91, p.1-9, Mai, 2018.

TREVELIN G. A. **Avaliação econômica de sistemas integrados de produção agropecuária**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena – Unesp, Dracena, 2018.

VARGAS N. B. **Desempenho agrônomo da soja e qualidade do solo sob rotação e sucessão de culturas em plantio direto**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2023.

ZORTÉA T. **Adubação de sistemas: indicadores químicos e biológicos para determinação da ocorrência de “solo saudável” em integração lavoura pecuária**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Pato Branco, 2021.

ANEXO A – COMPROVANTES DE PARTICIPAÇÃO EM EVENTO TÉCNICO-
CIENTÍFICO

PRODUTIVIDADE DA SOJA EM DISTINTOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

Orientado: Bruno Mazur (Agronomia - UEPG)
Orientadora: Laíse da Silveira Pontes (Dra., Ciências)

Área de Produção Animal (APA)

Estação de Pesquisa Fazenda Modelo - Avenida Euzébio de Queiros, s/n, Uvaranas /
Caixa Postal 129 / 84001-970 / Ponta Grossa - PR /
(42) 3226-2773 / laisepontes@idr.pr.gov.br

Programa de Iniciação Científica do IDR-Paraná - ProICI - PIBIC / CNPq

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) são estratégias importantes para a intensificação sustentável. Em tais sistemas, a adubação na fase pecuária oferece maior oportunidade para a ciclagem de nutrientes. O objetivo do estudo foi avaliar a estratégia de adubação de sistema no rendimento da soja (safra 2023/2024). O experimento foi realizado em área de 13 ha, dividida em 12 unidades experimentais, sendo que desde 2006, seis são conduzidas em integração lavoura-pecuária (ILP) e 6 em lavoura-pecuária-floresta (ILPF). No inverno de 2023, um consórcio de gramíneas, em pastejo com bovinos de corte, foi submetido a duas doses de nitrogênio (50 e 150 kg de N ha⁻¹). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, sendo a parcela principal a combinação entre sistemas x doses de N e a subparcela com x sem adubação de base (360 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, 02-20-18) na soja, com três repetições. Em novembro de 2023 foi realizado o desbaste total das árvores e a semeadura da cultivar de soja BRASMAX LOTUS IPRO, em plantio direto, com espaçamento de 0,40 m, respeitando a área ocupada pelas árvores (21% da área total). Os componentes de rendimento e a produtividade da soja foram avaliados em área de 4 m² por subparcela, sendo os valores ajustados para o teor de umidade de 13%. Análises de variância foram realizadas no *software* R considerando sistemas, doses de N no inverno e adubação de base como fatores fixos e bloco como aleatório. Não foram observadas diferenças significativas para peso de grãos por planta (12,2±0,38 g planta⁻¹) e número de legumes planta⁻¹ (57,3±1,0) em R8. Interações significativas entre sistemas e adubação de base foram observadas para população final e altura de inserção da primeira vagem, bem como entre adubação de base e doses de N para população final e peso de mil grãos. A produtividade da soja foi significativamente ($p < 0,05$) maior em ILP (2.287±78,9 kg ha⁻¹) do que em ILPF (1.924±44,9 kg ha⁻¹), sem descontar a área ocupada pelas árvores) e sem adubação de base (2.079±51,0 kg ha⁻¹) comparado com adubação (1.891±65,1 kg ha⁻¹). Portanto, mesmo após o desbaste das árvores, diferenças entre sistemas foram observadas, podendo ser decorrente do histórico da área. A falta de resposta positiva à adubação suplementar revela que a adubação de sistema pode ser uma ótima estratégia em SIPA.

Palavras-chave: rendimento de grãos; sustentabilidade; ciclagem de nutrientes.



Certificado

**XXXII SEMINÁRIO DO PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, XIV SEMINÁRIO
PROGRAMA EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO E II
SEMINÁRIO DO PROGRAMA DE INICIAÇÃO EM EXTENSÃO**

Londrina, PR – 20, 21 e 22 de Agosto de 2024.

Certificamos que **BRUNO MAZUR**, bolsista do IDR-Paraná, participou do XXXII Seminário do Programa de Iniciação Científica apresentando o trabalho "PRODUTIVIDADE DA SOJA EM DISTINTOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA", na modalidade pôster.

Londrina, 22 de Agosto de 2024.

Carolina Maria Gaspar de Oliveira
Comitê Institucional – ProICI
Coordenadora

Vania Moda Cirino
Diretora de Pesquisa e Inovação

IDR-Paraná
Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - IAPAR-EMATER