

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

LUCAS LEITE COLONELLI

**EFEITO DA ANTECIPAÇÃO DA ADUBAÇÃO SOBRE O
DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DA SOJA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2021

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

LUCAS LEITE COLONELLI

**EFEITO DA ANTECIPAÇÃO DA ADUBAÇÃO SOBRE O
DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DA SOJA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2021

LUCAS LEITE COLONELLI

**EFEITO DA ANTECIPAÇÃO DA ADUBAÇÃO SOBRE O
DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin

PATO BRANCO

2021

Colonelli, Lucas Leite

Efeito da antecipação da adubação sobre o desempenho agrônomo da cultura da soja / Lucas Leite Colonelli.

Pato Branco. UTFPR, 2021

45 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2018.

Bibliografia: f. 37 – 43

1. Agronomia. 2. Adubação de sistemas. 3. Fertilidade do solo. 4. Níveis de adubação. I. Benin, Giovani, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. III. Título.

CDD: 630



TERMO DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC **Efeito da antecipação da adubação sobre o desempenho** **agronômico da cultura da soja**

Por

Lucas Leite Colonelli

Monografia defendida em sessão pública às 08 horas 30 min. do dia 28 de abril de 2021 como requisito parcial, para conclusão do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos Membros abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o Trabalho de Conclusão de Curso, em sua forma final, pela Coordenação do Curso de Agronomia foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Eng.^a. Agr.^a. Maiara Cecilia Panho - PPGAG-PB UTFPR - Mestranda

M.Sc. Daniela Meira - PPGAG-PB UTFPR - Doutoranda

Prof. Dr. Giovani Benin - UTFPR *Campus* Pato Branco - Orientador

Prof. Dr. Jorge Jamhour - Professor responsável TCC 2

A “Ata de Defesa” e o decorrente “Termo de Aprovação” encontram-se assinados e devidamente depositados no SEI-UTFPR da Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR *Campus* Pato Branco, após a entrega da versão corrigida do trabalho, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e por proporcionar realizar o sonho de ser Engenheiro Agrônomo.

A minha família por todo apoio e por estarem sempre ao meu lado e por sempre me guiarem no caminho certo.

Ao Professor Dr. Giovani Benin por todo conhecimento repassado e pelo apoio no desenvolvimento deste projeto.

A todos integrantes do Laboratório de melhoramento genético vegetal de trigo e soja por todo suporte e pela amizade, espero que nossa amizade não se dissipe.

E por fim, agradecer a todos que de alguma forma contribuíram para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

RESUMO

COLONELLI, Lucas Leite. Efeito da antecipação da adubação sobre o desempenho agrônômico da cultura da soja. 45 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2021.

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a principal *commodity* do setor agrícola nacional e mundial. A média da produtividade brasileira situa-se em torno de 3,2 t ha⁻¹, com possibilidade de elevação desse valor através de práticas e manejos mais completos e tecnológicos. São diversos os fatores capazes de influenciar o rendimento da cultura, entre eles destaca-se principalmente a adubação, por estar relacionada de maneira direta a todo o sistema de cultivo. A adubação pode ser realizada de várias formas nos ambientes de cultivo, dentre elas a inversão ou parcelamento da adubação na cultura de inverno, que busca proporcionar melhorias na disponibilização de nutrientes do solo, além de favorecer um maior aporte de matéria orgânica, agregando inúmeros benefícios ao ambiente. Assim, torna-se fundamental o estudo de práticas agrícolas que incrementam a produtividade. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico da soja frente a diferentes formas de adubação: total no plantio da soja; parcelada e com a inversão total na cultura da aveia preta, combinados com quatro níveis de adubação (0, 100, 200 e 300% da dose recomendada) definidos de acordo com a análise do solo e expectativa de produção (4,1 a 5 t ha⁻¹). O experimento foi conduzido no município de Bom Sucesso do Sul, região sudoeste do Estado do Paraná. Foram avaliados na cultura da aveia preta massa verde e massa seca; e os componentes de rendimento da soja: rendimento de grãos, peso de mil sementes, estatura de planta, número de ramos, altura da inserção do primeiro legume e número de legumes totais. Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de comparação de médias. A cultura da aveia preta é altamente responsiva ao aumento das doses de adubação, demonstrando um incremento de 30% na produção de massa seca para as doses acima do recomendado, atingindo acúmulos de 10,9 t ha⁻¹ de matéria seca. O dobro da adubação recomendada (200%) revelou os melhores rendimentos produtivos, tanto em biomassa para a aveia preta quanto no rendimento de grãos da soja. A adubação de sistemas, utilizando o manejo de parcelamento da adubação (50% na aveia preta e 50% na soja) beneficia ambas as culturas. Esta estratégia pode ser adotada sem perdas no rendimento de grãos da soja.

Palavras-chave: Adubação de sistemas. Fertilidade do solo. Níveis de adubação.

ABSTRACT

COLONELLI, Lucas Leite. Effect of Anticipation of Fertilization on The Agronomic Performance of Soybean Crop. 45 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology – Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2021.

Soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] is the main commodity in the national and global agricultural sector. The average Brazilian productivity is around 3.2 ton ha⁻¹, with the possibility of increasing this value through more complete and technological practices and management. There are several factors capable of influencing the yield of the crop, among them, fertilization stands out, as it is directly related to the entire cultivation system. Fertilization can be carried out in various ways in cultivation environments, among them the inversion or installment of fertilization in the winter crop, which seeks to provide improvements in the availability of soil nutrients, in addition to favoring a greater supply of organic matter, adding numerous benefits to the environment. Thus, it is essential to study agricultural practices that increase productivity. Thus, the objective of this work was to evaluate the agronomic performance of soybeans in relation to different forms of fertilization: total soybean planting; split and with the total inversion in the culture of black oats, combined with four levels of fertilization (0, 100, 200 and 300% of the recommended dose) defined according to the analysis of the soil and production expectation (4.1 to 5 ton ha⁻¹). The experiment was carried out in the municipality of Bom Sucesso do Sul, in the southwestern region of the State of Paraná. They were evaluated in the culture of the black oat green mass and dry mass; and the components of soybean yield: grain yield, weight of a thousand seeds, plant height, number of branches, height of insertion of the first vegetable and number of total vegetables. The data were submitted to analysis of variance and test of comparison of means. The culture of black oats is highly responsive to the increase in fertilizer doses, showing an increase of 30% in the production of dry matter for the doses above the recommended, reaching accumulations of 10.9 ton ha⁻¹ of dry matter. Twice the recommended fertilization (200%) revealed the best yields, both in biomass for black oats and in the grain yield of soybeans. The fertilization of systems, using the management of installment of the fertilization (50% in the black oats and 50% in the soybean) benefits both cultures. This strategy can be adopted without loss of soybean grain yield.

Keywords: System fertilization. Soil fertility. Fertilizer levels.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Dados meteorológicos observados durante o período de condução do experimento no ano de 2019/2020 para o município de Bom Sucesso do Sul, PR. Dados extraídos da INMET.
..... 27
- Figura 2 – Efeito das doses de adubação na massa verde da aveia preta (MV) (A) e massa seca da aveia preta (MS) (B). UTFPR, Pato Branco – PR. 2021.....29
- Figura 3 – Efeitos das doses de adubação no Rendimento de grão (RG) (A), peso de mil sementes (PMS) (B), estatura de plantas (EST) (C), número de ramificações (NR) (D) para a cultura da soja. UTFPR, Pato Branco – PR. 2021.....34
- Figura 4 – Efeitos das doses de adubação na Altura da inserção do primeiro legume (AIPL), em relação a cada manejo de adubação. UTFPR, Pato Branco – PR. 2021.....35

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Características químicas do solo local no município de Bom Sucesso do Sul – PR. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021..... 24
- Tabela 2 – Disponibilidade de P e K no solo, classes de interpretação, quantidade de fertilizante aplicado e requerimento de nutrientes para a cultura da soja com expectativa de produção de 4,1 a 5 t ha⁻¹, segundo o Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (2017). UTFPR, Campus Pato Branco - PR, 2021.....25
- Tabela 3 – Resumo da análise de variância para as variáveis de produção de massa verde (MV) e massa seca (MS) de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR. 2021.....28
- Tabela 4 – Resumo da análise de variância para rendimento de grãos (RG), peso de mil sementes (PMS), estatura de plantas (EST), altura de inserção do primeiro legume (AIPL) número de nós produtivos (NNP) e número de legumes totais (NLT) para a cultura da soja submetida a diferentes manejos e doses de adubação. UTFPR, Pato Branco – PR. 2021. 30
- Tabela 5 – Médias para as variáveis rendimento de grão (RG), número de ramos (NR) e número de legumes totais (NLT) para cultura da soja. UTFPR, Pato Branco – PR. 2021.....32

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

CONAB	Companhia nacional de abastecimento
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EUA	Estados Unidos da América
INMET	Instituto de Meteorologia
NEPAR	Núcleo estadual do Paraná
PR	Unidade da Federação – Paraná
SBCS	Sociedade brasileira de ciência do solo
USDA	Unides States department of agriculture

LISTA DE ABREVIATURAS

AIPL	Altura de inserção de primeiro legume
C	Carbono
Ca	Cálcio
cm	Centímetro
Cmolc	Centimol de carga
dm	Decímetro
EST	Estatuta
g	Gramma
ha	Hectare
K	Potássio
Kg	Kilograma
Mg	Magnésio
MS	Massa seca
MV	Massa verde
N	Nitrogênio
NLT	Número de legumes totais
NR	Número de ramos
O ₂	Oxigênio
P	Fósforo
PMS	Peso de mil sementes
RG	Rendimento de grãos
S	Enxofre
SPD	Sistema plantio direto
t	tonelada

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°	Graus

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 GERAL.....	15
2.2 ESPECÍFICOS.....	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1 IMPORTÂNCIA DA SOJA DA NO SISTEMA DE PRODUÇÃO.....	16
3.2 IMPORTÂNCIA DA AVEIA PRETA NO SISTEMA DE PRODUÇÃO.....	17
3.3 DINÂMICA DE NUTRIENTES E NUTRIÇÃO DA SOJA.....	19
3.4 ADUBAÇÃO TRADICIONAL E ADUBAÇÃO DE SISTEMAS.....	21
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4.1 DESCRIÇÃO LOCAL DO EXPERIMENTO.....	24
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	24
4.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO E CARACTERES AVALIADOS.....	25
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
5.1 DADOS METEOROLÓGICOS.....	27
5.2 CULTURA DA AVEIA PRETA.....	27
5.3 CULTURA DA SOJA.....	30
6 CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma espécie típica de países de clima temperado, com centro de origem no nordeste da China. Seu cultivo é descrito há mais de cinco mil anos, sendo uma das culturas agrícolas mais antigas do mundo. No Brasil, a planta foi tropicalizada a partir do melhoramento genético, adaptando-se as mais variadas condições climáticas do país (FRANÇA-NETO *et al.*, 2018; SIQUEIRA; 2004).

Os grãos da soja são consumidos por todos os continentes do mundo, sendo uma excelente fonte de óleo e proteína (FARIA *et al.*, 2018). Na indústria a soja também é amplamente utilizada como matéria prima na preparação de produtos alimentícios, rações animais, cosméticos, além de outros diversos subprodutos (LEMES *et al.*, 2019). Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial e líder em exportação da cultura. A produção brasileira na safra 2019/2020 atingiu 126 milhões de toneladas, com um aumento de 5,1% em relação à safra anterior (2018/2019) (CONAB, 2020; USDA, 2020).

A constante tecnificação no meio rural, bem como a adoção de novas práticas de manejo no campo, foram responsáveis pelo aumento significativo da produtividade brasileira de soja ao longo dos anos. Dados históricos das safras de 1996 a 2016 refletem um aumento gradual de 32,7 kg ha⁻¹ ao ano (BALBINOT *et al.*, 2017). Além disso, os resultados obtidos pelo melhoramento genético, proporcionaram um incremento de rendimento superior aos 40 kg ha⁻¹ ao ano (TODESCHINI *et al.*, 2019).

Junto a inovação do modelo de agricultura, o sistema plantio direto surgiu como uma excelente ferramenta conservacionista, proporcionando inúmeros benefícios ao solo e ao ambiente. Isso, possibilitou a expansão agrícola para novas áreas com solo e clima que inviabilizariam o cultivo em sistema convencional. O revolvimento mínimo, aliado a uma boa cobertura desolo, proporciona uma melhora nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, com isso, uma maior eficiência nos manejos nutricionais (DERPSCH *et al.*, 2010).

Uma alternativa para o equilíbrio no sistema de produção da soja, está no cultivo de plantas de cobertura durante os períodos de entressafra, evitando

intervalos com pousio. A aveia preta (*Avena strigosa*), pode ser utilizada como uma alternativa que possibilita a manutenção da cobertura do solo durante os meses de inverno, garantindo melhor aproveitamento nutricional para a cultura subsequente, por meio da ciclagem de nutrientes inutilizáveis (GIACOMINI *et al.*, 2003; BALBINOT *et al.*, 2020; ANDOIGNINI *et al.*, 2020). Segundo Sedyama (2016), o manejo inadequado de nutrientes é um dos principais fatores limitantes da produção de soja. A cultura é altamente responsiva a um bom manejo de adubação, e muito exigente em todos os macronutrientes. Deste modo, o solo deve ter a capacidade de armazenar e disponibilizar cada elemento de acordo com a necessidade da planta, sem que ocorra excessos ou escassez de nutrientes (SFREDO, 2008).

Outro fator relevante está relacionado ao aumento nos níveis de adubação, que demonstram resultados promissores em solos de fertilidade baixa a média (DUARTE *et al.*, 2016). Porém, em solos de elevado teor nutricional, o aumento dos níveis de adubação não correspondeu efetivamente a elevação na produtividade (ZANELLA, 2019).

Nesse sentido, a prática de inversão de adubação pode ser empregada. A inversão da adubação pode ser definida como a antecipação do fornecimento de nutrientes recomendado a cultura de interesse, no momento da instalação da cultura antecedente. Esse manejo pode ser realizado de maneira total ou parcial a dose recomendada (FRANCISCO *et al.*, 2007). Estudos relatam sucesso no parcelamento ou inversão total da adubação (SILVA e LAZARINI 2014; ZANELLA, 2019). De acordo com Zanella *et al.* (2020), a adubação de sistema pode ser empregada de forma eficiente no cultivo de aveia preta-soja, sem reduzir o potencial produtivo da soja. A decisão da inversão de adubação ou não deve ser tomada com cautela, pois, esse manejo é altamente dependente da produção e manutenção da palhada no solo, bem como, a capacidade de ciclagem da planta escolhida como cobertura e sua mineralização de nutrientes.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar o desempenho agronômico da soja, utilizando diferentes doses de adubação, frente a adubação realizada de maneira total no plantio, parcelada (50% na soja e 50% na aveia) e com a inversão total na cultura de inverno de aveia preta.

2.2 ESPECÍFICOS

Determinar estratégia de adubação de sistema aveia preta – soja e dose de adubação para a soja cultivada após aveia preta em solos de alta fertilidade e em sistema plantio direto.

Avaliar características agronômicas da aveia preta em função da antecipação, parcelamento e ausência de adubação.

Avaliar os componentes de rendimento agronômicos da soja em função de doses e sistema de adubação no plantio, parcelada (50% na soja e 50% na aveia) e com a inversão total na cultura de inverno de aveia.

Determinar a melhor forma de aplicação e nível de adubação a ser utilizado para a cultura da soja em plantio direto.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 IMPORTÂNCIA DA SOJA DA NO SISTEMA DE PRODUÇÃO

A soja é originária do nordeste da China, e chegou ao Brasil no final do século 19, quando foram trazidos dos EUA algumas cultivares com o interesse de utilização como planta forrageira. Inicialmente sua produção era restrita a região sul do Brasil, porém, a partir da década de 80 o melhoramento genético inseriu no mercado cultivares de período juvenil longo, cujo florescimento era retardado, permitindo que a planta se desenvolvesse em condições de expressar elevados rendimentos (GAZONNI, 2018).

Os grãos de soja são uma excelente fonte de proteína, com teores que podem variar de 35 a 40%, caracterizando um insumo indispensável na composição de rações animal. A produção de óleo pela indústria também se trata de um subproduto de destaque em âmbito nacional, com teores que podem variar de 20 a 24% (JUHÁSZ *et al.*, 2013; LORINI, 2017).

A expansão agrícola para regiões de maior latitude tornou a soja amplamente difundida pelo território brasileiro, atualmente a cultura vem sendo a *commodity* de maior relevância do setor agropecuário, com uma produção de 126 milhões de toneladas, no ano de 2020. A área plantada foi superior aos 36 milhões de hectares, configurando o Brasil como maior produtor mundial do grão (CONAB, 2020; USDA 2020).

A intensificação do cultivo da soja fez com que o Brasil melhorasse significativamente sua produção. A média produtiva brasileira é a segunda maior do mundo, com produtividade 3379 kg ha⁻¹, enquanto a produtividade mundial não ultrapassa 2880 kg ha⁻¹. Mas, ainda assim, o Brasil apresenta grande potencial em aumentar sua produtividade média e solucionar algumas lacunas de rendimento, que estão relacionadas principalmente aos estresses climáticos, fatores bióticos e abióticos no ambiente de cultivo (VAN ITTERSUM *et al.*, 2013).

Tendo em vista o aumento da demanda mundial por alimentos, é necessário a busca pelo aumento da produtividade das culturas a fim de suprir essa crescente demanda. O progresso genético da soja é um fator importante na

obtenção de maiores produtividades (TODESCHINI *et al.*, 2019; CONAB; 2020). Contudo, melhorias de manejo podem auxiliar a maximizar estes ganhos além de proporcionar maior rentabilidade ao produtor.

3.2 IMPORTÂNCIA DA AVEIA PRETA NO SISTEMA DE PRODUÇÃO

A aveia preta (*Avena strigosa*) é uma gramínea de ciclo anual, com boa adaptação a climas amenos sendo uma alternativa de manejo durante os meses de inverno, principalmente na região sul. É uma espécie rústica, com boa produção de palhada e possui menor exigência nutricional quando comparada a cultura do trigo. O cultivo é altamente difundido nas regiões de clima subtropical e temperado, pois as plantas são de fácil manejo, baixo custo de implantação e podem ser facilmente dessecadas para o plantio de culturas subsequentes (FEDERIZZI *et al.*, 2014).

No Brasil, o cultivo das aveias preta e branca ocupam uma área com aproximadamente 425 mil hectares (CONAB, 2021). É uma cultura amplamente utilizada como forrageira no pastejo contínuo ou rotacionado, podendo também ser utilizada na fenação, ensilagem ou somente como planta de cobertura, durante o período de entressafra (BALBINOT *et al.*, 2020).

A elevada relação C/N da aveia auxilia na proteção do solo e na disponibilização de nutrientes por maiores períodos de tempo. Sua decomposição é lenta devido à alta concentração de celulose, hemicelulose e lignina nos tecidos. Porém, o período de imobilização de N pelos microrganismos é maior, sendo necessária atenção para evitar a deficiência de nitrogênio no próximo cultivo (AGOSTINETTO *et al.*, 2000; KRAMBERGER *et al.*, 2009). Uma medida para reduzir a relação C/N da aveia e facilitar a decomposição da biomassa, é o fornecimento da adubação nitrogenada de forma antecipada diretamente na cultura. Esse procedimento também garante uma maior produção de massa seca contribuindo para uma melhor cobertura e deposição de matéria orgânica do solo (ASSMANN *et al.*, 2017).

Com a crescente utilização do sistema plantio direto (SPD), o cultivo de plantas de cobertura nos períodos de entressafra, também aumentou. Entretanto, o cultivo consecutivo de soja utilizando baixa diversidade de rotação, com menor

aporte de biomassa e sistemas radiculares pouco eficientes, prevalece. Isso favorece a aceleração da degradação do solo, sendo fundamental o uso de estratégias que eliminem o uso de pousio durante os períodos de entressafra (MUNKHOLM *et al.*, 2013; CALONEGO *et al.*, 2017).

Uma alternativa de cultivo para cobertura do solo visando a rotação de culturas, está na inserção da aveia preta nos sistemas de produção. A espécie apresenta vantagens como planta de interesse na descompactação, devido ao seu sistema radicular vigoroso e bastante agressivo, auxiliando na estruturação do solo. Além disso, suas raízes dispõem de uma boa capacidade na reciclagem de nutrientes. Já a produção de palhada pode ultrapassar as 9000 kg ha⁻¹ e atuar no armazenamento dos nutrientes e no aumento da superfície de contato do solo, tal fato, é capaz de reduzir os efeitos negativos do trânsito de máquinas agrícolas (CRUSCIOL *et al.*, 2008; BRAIDA *et al.*, 2006; ZANELLA; 2019). De acordo com Debiasi *et al.* (2010), as melhorias relacionadas aos atributos de qualidade do solo, resultaram em um aumento produtivo na cultura da soja cultivada posteriormente

Outro fator relevante está relacionado a supressão de plantas daninhas, por meio dos resíduos de matéria seca, que atuam na inibição por efeito de barreira física gerado pela palhada, bem como a produção de substâncias alelopáticas (TREZZI; VIDAL, 2004). A ação alelopática da aveia preta é atribuída a sua capacidade de exsudação radicular, através de compostos secundários pertencentes as classes das coumarinas, ácidos fenólicos, vanílicos e siríngicos. Tais compostos são capazes de inibir o crescimento radicular de algumas espécies de plantas daninhas (GUENZI; MCCALLA, 1966; HAGEMANN *et al.*, 2010). Além disso, o maior acúmulo de matéria seca sobre o solo inibe o contato de luz, diminuindo a sua amplitude térmica. Tal ação, configura um ambiente propício a organismos predadores, que diminuem a viabilidade do banco de sementes (LAMEGO *et al.*, 2015).

A forma de manejo da palhada da aveia influencia significativamente a cultura da soja. Segundo Oshe *et al.* (2019), a dessecação da aveia deve ser realizada num período de pelo menos 15 dias antes do plantio, de preferência com rolagem transversal ou sem rolagem da palhada. O não uso dessa tática afeta diretamente a emergência de plantas daninhas, contribuindo para um incremento de

mais de 100 kg ha⁻¹ na produção da soja. Para que haja melhor aproveitamento e maior eficiência na atuação da aveia como planta de cobertura, é necessário que exista uma assimilação direta com a qualidade do solo, podendo destacar os fatores biológicos, como por exemplo a atividade microbiana (SILVA *et al.*, 2006). Segundo Anderson e Domsch (1993), o carbono e o nitrogênio, resultantes da ação dos microrganismos, são diretamente induzidos ou afetados conforme o sistema de uso do solo e, assim, são capazes de influenciar no produto final da matéria orgânica.

Resultados obtidos por Derpsch e Calegari (1985) e Balbinot *et al.* (2020) comprovam que a sucessão de aveia com soja é benéfica a cultura, podendo elevar a produção do grão. Segundo Valicheski *et al.* (2012), solos submetidos a diferentes graus de compactação apresentaram melhorias na resistência a penetração e produção de matéria seca, quando cultivados em sucessão com a aveia preta. O maior acúmulo de biomassa proporcionou uma produção de 3500 kg ha⁻¹ de soja quando cultivado na entressafra com aveia preta, obtendo resultados superiores à média geral da região (3060 kg ha⁻¹).

3.3 DINÂMICA DE NUTRIENTES E NUTRIÇÃO DA SOJA

O carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O₂) são elementos não minerais considerados essenciais as plantas, obtidos através de trocas gasosas e absorção de água. Já o nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) são elementos minerais essenciais classificados como macronutrientes devido sua elevada demanda pelas plantas, sendo absorvidos pela parte radicular e por meio da solução do solo. São esses os elementos que constituem cerca de 99% da matéria seca das plantas (DECHEN; NACHTIGALL 2007; EMBRAPA, 2013).

A soja é uma cultura de elevada resposta nutricional, ou seja, são necessárias quantidades consideráveis de adubação para que ela expresse seu máximo potencial produtivo. A extração de macronutrientes pela cultura da soja, para cada tonelada de grãos produzida, é de aproximadamente 83 kg de N, 15,4 kg de P, 38 kg de K, 12,2 kg de Ca, 6,7 kg de Mg e 15,4 Kg de S. Já a exportação que ocorre pela colheita dos grãos é de, aproximadamente 51 kg de N, 10 kg de P, 20 kg

de K, 3 kg de Ca, 2 kg de Mg e 5,4 Kg de S. As fontes de adubação, juntamente com as doses utilizadas, devem atender especificamente as necessidades da cultura, tendo em vista o cuidado com o excesso e a subdosagem no uso dos fertilizantes (EMBRAPA; 2013; POLLNOW *et al.*, 2020).

O nitrogênio (N) é o nutriente mais requerido pela cultura da soja, com cerca de 80 kg t⁻¹ (EMBRAPA, 2013). É um elemento que apresenta extrema mobilidade no solo, entretanto é facilmente perdido por volatilização, em forma de amônia ou lixiviação em forma de nitrato (MIFLIN; LEA, 1976). O N está presente na composição de complexos orgânicos, proteínas, DNA e RNA, além de ser constituinte da clorofila e do protoplasma (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). É o principal componente do ar atmosférico, porém as plantas não possuem a capacidade de metabolizá-lo na forma gasosa, sendo necessário estratégias de fornecimento as culturas agrícolas. Sua disponibilidade é dependente da adição de matéria orgânica, adubação mineral, com fertilizantes minerais e orgânicos. Outra alternativa é através de plantas capazes de fixar o nutriente no solo, por meio de simbiose com bactérias fixadoras (AMADO; SCHLEINDWEIN; FIORIN, 2010).

A fixação biológica de nitrogênio é realizada por bactérias fixadoras através da enzima nitrogenase. O nitrogênio é retirado do ar e no solo é transformado em amônia ou nitrito, podendo ser prontamente utilizado pela cultura. Na soja o processo simbiótico é realizado principalmente pelas bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, onde as bactérias alimentam-se dos exsudatos liberados pelas raízes e fornecem o nitrogênio utilizado pelas plantas (TAIZ; ZEIGER, 2016).

O fósforo (P) possui uma dinâmica que difere do N e K, pois apresenta baixa mobilidade no solo por ser facilmente adsorvido na fração argila, bem como na matéria orgânica (ALMEIDA; TORRENT; BARRÓN, 2003). No Brasil, os solos são descritos como altamente intemperizados, apresentando elevada quantidade de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. Desta forma, o P fica altamente adsorvido ao solo tornando-se menos lábil, fazendo com que afete diretamente na sua disponibilidade para as plantas (OLIVEIRA, 2011). A biomassa exerce forte influência na disponibilidade de P, podendo ser responsável por adsorver o elemento de forma temporária ou bloquear os sítios de adsorção, presente nas argilas e óxidos do solo (FONTANA *et al.*, 2008). As plantas podem apresentar diferentes

mecanismos para absorção de fósforo, algumas delas em formas não lábeis, tornando o nutriente novamente disponível a outras espécies (DALLA COSTA; LOVATO, 2004). Segundo Casali *et al.* (2016) a utilização de aveia preta como planta de cobertura demonstra eficiência na ciclagem de fósforo.

O potássio (K) é um elemento de elevada solubilidade na palhada em decomposição, facilmente liberado após rompimento da membrana plasmática e senescência do tecido vegetal. O K não está relacionado com a formação de compostos orgânicos, suas principais funções estão relacionadas a vários processos metabólicos. Na soja, auxilia na formação de nódulos e é responsável por elevar o teor de óleo (MASCARENHAS *et al.*, 1988). Esse macronutriente não requer mineralização para sua transferência ao solo, estando de forma prontamente ativa a absorção (PACHECO *et al.*, 2011; TEIXEIRA *et al.*, 2012). A passagem de K trocável para K em solução é muito rápida e mesmo em períodos de extrema exigência pelas plantas, o solo tende a entrar em equilíbrio natural nas formas de potássio (ROSOLEM; BESSA; PEREIRA, 1993).

O cálcio (Ca), magnésio (Mg) e o enxofre (S) são classificados como nutrientes secundários na nutrição de plantas. O Ca tem função de divisão e alongamento celular, atuando de modo que proporciona mais rigidez as membranas. O Magnésio atua como ativador enzimático, é constituinte da clorofila e atua diretamente na fotossíntese, além de auxiliar na fixação biológica de nitrogênio. O S é um constituinte dos aminoácidos e proteínas, tem função estrutural e metabólicas, bem como na composição de vitaminas e hormônios na planta (FAGERIA, 2009; CÂMARA, 2015; DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

3.4 ADUBAÇÃO TRADICIONAL E ADUBAÇÃO DE SISTEMAS

O solo é um substrato composto por partes sólidas, líquidas e gasosas, no qual a parte sólida é responsável pelo depósito de nutrientes, a porção líquida consiste no fornecimento e transporte dos elementos e a parte gasosa realiza a mediação de trocas de gases entre os seres vivos e a atmosfera (BRAZÃO; SILVA, 2004). A adubação é uma prática que visa melhorar os atributos químicos do solo, sendo responsável por fornecer e equilibrar as quantidades necessárias de cada

elemento, sem que ocorra déficit ou excesso desses nutrientes, culminando para um melhor desempenho produtivo da cultura de interesse (NOVAIS *et al.*, 2007).

A aplicação de fertilizante na soja é geralmente realizada direto no sulco de semeadura ou a lanço. As formulações NPK são as mais utilizadas, porém, formulações a base somente de P e K também podem ser uma opção, sem que haja interferência produtiva. Isso é possível através da capacidade de fixação biológica de nitrogênio da soja, a partir da simbiose de bactérias fixadoras como as do gênero *Bradyrhizobium* (JUNIOR *et al.*, 2013).

Conceitualmente a adubação tradicional é aquela efetuada diretamente na cultura de interesse, podendo ela ser realizada de forma total no momento do plantio ou parcelada em cobertura, durante o desenvolvimento das plantas. Para determinar as quantidades dos nutrientes são consideradas as necessidades nutricionais e a eficiência de uso dos fertilizantes na cultura que está sendo implantada (ASSMANN *et al.*, 2017).

Já a adubação de sistemas é caracterizada pela aplicação antecipada dos nutrientes recomendados a cultura de interesse, podendo ser realizada de forma total ou parcial na cultura antecedente (FRANCISCO *et al.*, 2007). Segundo Assmann *et al.* (2017), é possível denominar a adubação de sistemas como uma alternativa que visa nutrir as plantas de maneira rotativa, onde a parte nutricional de todo o conjunto de culturas utilizadas são levadas em consideração, afim de ocorrer uma fertilização mais eficiente através da ciclagem dos nutrientes.

Segundo Zhang *et al.* (2017), as adubações realizadas durante os meses de inverno encontram melhores condições climáticas no aproveitamento de nutrientes, podendo diminuir as perdas de nitrogênio para a atmosfera. Outro fator limitante, minimizado pela adubação de sistemas, está relacionado ao estresse salino causado por adubos potássicos aplicados direto no sulco de semeadura, gerando perdas por estresse hídrico e lixiviação desse nutriente (ERNANI; ALMEIDA; SANTOS, 2007; BERNARDI *et al.*, 2009).

Vários estudos têm relatado sucesso no uso da inversão de adubação para vários nutrientes. Em trabalho de inversão da adubação potássica na cultura da soja, Foloni e Rosolem (2008), defendem o uso de doses de adubação de até 90 kg ha⁻¹ de K₂O, realizado na cultura de milho, de maneira que não comprometa o

rendimento da cultura posterior. O mesmo é descrito por Silva e Lazarinni (2014), realizando a adubação de potássio de forma antecipada. Tal fato é explicado pela dinâmica do nutriente na palhada, pois apresenta rápida liberação a curto prazo (ROSOLEM *et al.*, 2007).

De acordo com Martinazzo *et al.* (2007) a inversão da adubação fosfatada, realizada em cobertura na cultura do azevém, apresentou elevação na matéria seca da cultura. Porém, quando o P foi aplicado diretamente na cultura da soja, apresentou melhor produção quando comparada aquelas obtidas com o efeito residual do azevém. Entretanto, Zanella *et al.* (2020), obteve resultados positivos com a inversão da adubação na aveia preta, no qual, obteve uma elevada produção de matéria seca (superior a 9000 kg ha⁻¹). A aveia demonstrou ser um excelente reservatório de nutrientes, com destaque ao potássio que apresentou rápida liberação da palhada, sendo disponibilizados posteriormente a cultura da soja. Além disso, a inversão da adubação, de forma total ou parcial na cultura da aveia, não interferiu no rendimento da cultura da soja, mostrando ser uma prática viável para cobertura e incremento de palhada no solo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 DESCRIÇÃO LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no município de Bom Sucesso do Sul, situado na região sudoeste do Paraná, altitude de 575 metros, latitude de 26° 4' 36" Sul e longitude de 52° 50' 1" Oeste. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2006). O clima Cfa com índice pluviométrico de 1400 a 1800 mm ao ano (ALVARES *et al.*, 2013). Os teores de areia, silte e argila na camada de 0-20 cm são 15%, 25% e 60% respectivamente. As características químicas do solo estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características químicas do solo local no município de Bom Sucesso do Sul – PR. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021.

Profundidade (cm)	M.O (g dm ⁻³)	P (mg (dm ⁻³))	K (cmolc dm ⁻³)	Al (cmolc dm ⁻³)	H+Al (cmolc dm ⁻³)	V (%)	pH	CaCl ₂ 3	CTC cmolc dm ⁻³
0 a 20	45,57	8,90	0,23	0,09	6,21	52,38	4,70	13,04	
20 a 40	29,48	5,87	0,18	0,23	7,20	44,10	4,40	12,88	

M.O: matéria orgânica; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H+Al: hidrogênio e alumínio; V%: saturação de bases; pH: potencial hidrogeniônico; CTC: capacidade de troca catiônica.

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com três repetições, conduzido em esquema bifatorial (3x4), composto por três manejos de adubação (1 – toda a adubação no plantio da aveia preta; 2 – parcelamento da adubação com 50% no plantio da aveia preta e 50 % na semeadura da soja; 3 – aveia preta sem adubação e toda a adubação realizada na semeadura da soja), combinados com quatro doses de adubação de acordo com a dose recomendada (0, 100, 200 e 300%). A adubação recomendada (100%) foi definida levando em consideração uma expectativa de produção de 4,1 a 5 t ha⁻¹, seguindo as recomendações do Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (SBCS/NEPAR, 2017), utilizando 294 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado e 75 kg ha⁻¹ de

KCL em cobertura. Para as adubações de 200 e 300%, foi utilizado o dobro e o triplo da dose recomendada.

Os nutrientes para a cultura da soja foram fornecidos através de NPK 07-34-12, com N e P somente em um grânulo, e 7,4% de S e 2,3% de Ca em sua composição. O faltante de K₂O requerido foi fornecido via cloreto de potássio com 60% de K₂O, aplicado em cobertura após o plantio (Tabela 2).

Tabela 2 – Disponibilidade de P e K no solo, classes de interpretação, quantidade de fertilizante aplicado e requerimento de nutrientes para a cultura da soja com expectativa de produção de 4,1 a 5 t ha⁻¹, segundo o Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (2017). UTFPR, Campus Pato Branco - PR, 2021.

Nutriente	Teores disponíveis (0 a 20 cm)	Classe de interpretação (Teor)	Quantidade necessária	Quantidade para dose 100%
P mg dm ⁻³	8,90	Médio	100 kg ha ⁻¹ P2O5	294 kg ha ⁻¹ N-P-K
K cmolcdm ⁻³	0,23	Alto	80 kg ha ⁻¹ K2O	75 kg ha ⁻¹ KCL

4.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO E CARACTERES AVALIADOS

A aveia preta foi semeada na primeira quinzena de abril de 2019, utilizando a cultivar GMX Bagual, com densidade de semeadura de 300 sementes por m². As parcelas mediram 3,2 por 10 metros de comprimento, constituídas de 17 linhas espaçadas a 0,17 m entre si. A dessecação e a coleta da massa verde (MV) foram realizadas no dia 7 de setembro de 2019 quando as plantas atingiram o estágio de grão leitoso. A MV foi coletada em uma área de 0,25 m², em três pontos da parcela, sendo realizada a média das três coletas para obter o valor final da massa verde. Após isso as amostras foram submetidas a secagem com uma temperatura de 65 °C até atingirem massa constante, obtendo assim os valores da massa seca da aveia (MS, g).

A semeadura da soja ocorreu na primeira quinzena de outubro de 2019 utilizando a cultivar DM53i54RSF IPRO, com uma população de 280 mil plantas ha⁻¹. As parcelas foram constituídas de 7 linhas de 10 metros de comprimento, espaçadas a 0,45 m entre si. A colheita da soja foi realizada na segunda quinzena do mês de fevereiro de 2020. Foram avaliados o rendimento de grãos (RG, kg ha⁻¹) através da colheita da área útil de cada parcela (10 m²; 5 linhas de 4,44 m) e posteriormente corrigida a umidade para 13%. O peso de mil sementes (PMS, g) foi realizado

através da contagem de oito repetições de 100 sementes por parcela (Brasil, 2009). A estatura de planta (EST, cm), número de ramos (NR), altura da inserção do primeiro legume (AIPL, cm) e número de legumes totais (NLT), foram obtidos através da coleta e contagem individual de 10 plantas de cada parcela, em seguida foi realizado média para cada componente.

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

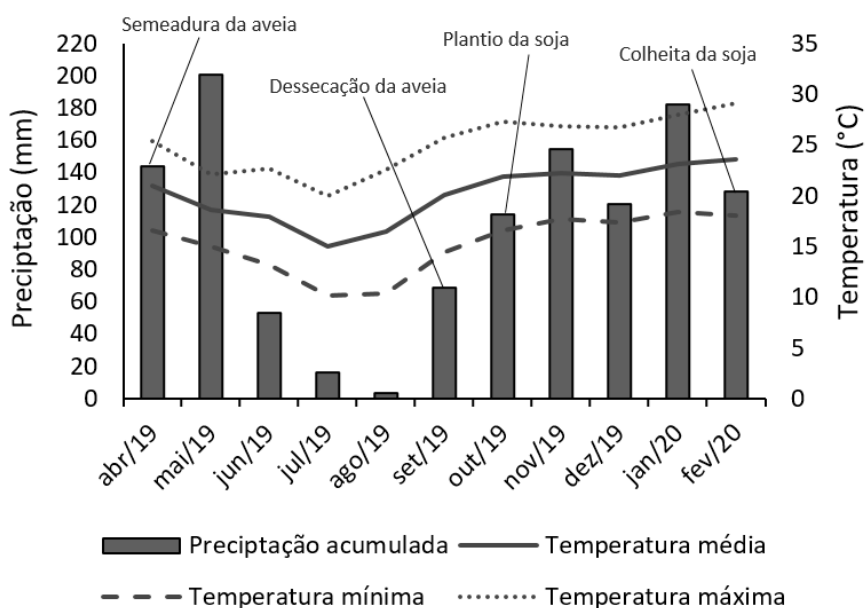
Os dados foram submetidos a análise de variância utilizando o programa Genes (CRUZ, 2016). Quando identificado interações entre os fatores (manejo de adubação x doses de adubação), qualitativos e quantitativos, foi realizada análise de regressão para o fator quantitativo dentro de cada fator qualitativo. Nos casos de interação do fator qualitativo foi submetido a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados meteorológicos no local de implantação do experimento são apresentados na Figura 1. É possível observar, baixos volumes pluviométricos acumulados durante os meses de junho a setembro, parte do acúmulo de matéria seca e nutrientes pela cultura da aveia pode ter sido prejudicado por esta condição. Entretanto, o acumulado de chuva durante os primeiros 60 dias após a semeadura possibilitaram emergência e desenvolvimento inicial da cultura, garantindo produção de biomassa. Para o período de desenvolvimento da cultura da soja (outubro a fevereiro), ocorreram acumulados medianos de chuva e bem distribuída, favorecendo o desenvolvimento da soja e a decomposição da palhada de aveia.

Figura 1 – Dados meteorológicos observados durante o período de condução do experimento no ano de 2019/2020 para o município de Bom Sucesso do Sul, PR. Dados extraídos da INMET.



Fonte: INMET.

5.2 CULTURA DA AVEIA PRETA

A análise de variância conjunta (Tabela 3) revelou diferença significativa nas doses de adubação da aveia preta, para as variáveis produção de

matéria verde (MV) e produção de matéria seca (MS). Já para o fator manejo, os resultados não foram significativos, demonstrando que não houve interferência na forma que o fertilizante foi disponibilizado, seja ele todo na aveia preta, 50% na soja e 50% na aveia ou toda adubação na cultura da soja.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para as variáveis de produção de massa verde (MV) e massa seca (MS) de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR. 2021.

Fator de Variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio	
		MV (kg ha ⁻¹)	MS (kg ha ⁻¹)
Bloco	2	39143511,11	2468844,44
Fator 2 (Doses)	3	407213333,33*	25434829,62**
Fator 1 (Manejo)	2	25632844,44 ^{ns}	4594711,11 ^{ns}
Interação F1*F2	6	60804853,33 ^{ns}	2566562,96 ^{ns}
Resíduo	22	27247548,14	1047559,6
CV (%)		14,5	10,9
Média		35988,89	9385,55

*,**Significativo ao teste F ao nível de 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente; ns Não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

Para ambas as variáveis relacionadas ao acúmulo de biomassa de aveia preta (MV e MS) houve efeito significativo para o fator 2 – dose de adubação. Pode-se observar aumento da produção de biomassa com o aumento da dose de adubação utilizada. Na Figura 2A, nota-se o incremento na produção partindo de 27,5 t ha⁻¹ de MV para o tratamento sem adubação, até valores acima de 43 t ha⁻¹ de MV para as parcelas com 200% da adubação recomendada. O mesmo pode ser observado para MS (Figura 2B), onde o manejo sem adubação apresentou produção de MS 30% menor quando comparado ao a dose de adubação de 200%.

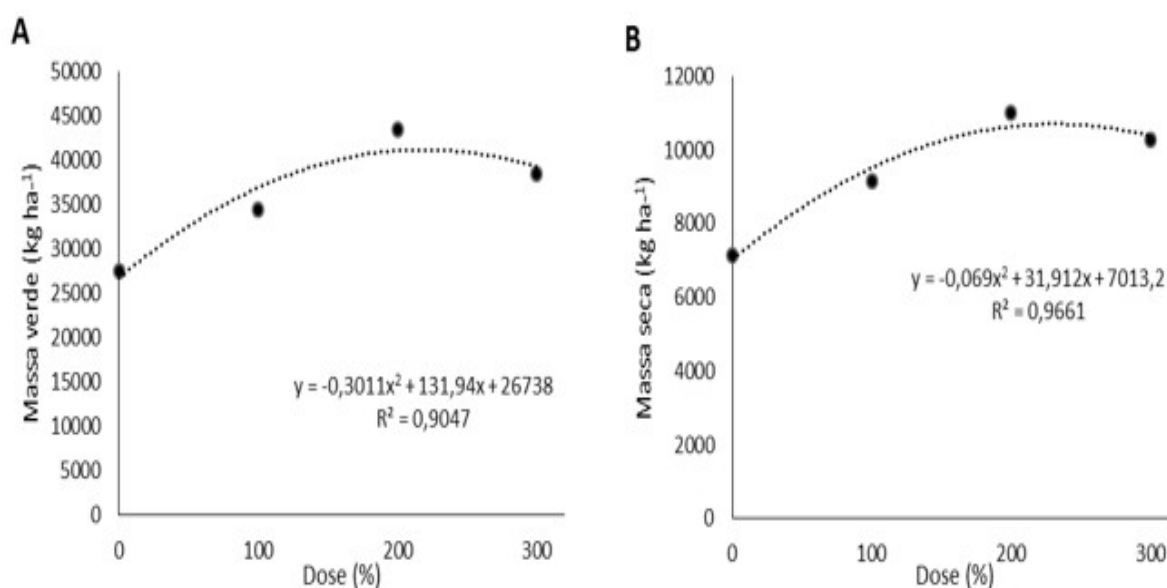
A característica de elevada fertilidade do solo no local de condução do experimento garantiu um acúmulo satisfatório de MV e MS na aveia preta. Além disso, demonstrou que a aveia é altamente responsiva as doses de adubação, que contribuíram para um melhor desenvolvimento vegetativo da cultura, garantindo uma maior produção de biomassa. O fornecimento de nitrogênio a cultura da aveia preta auxilia na regulação carbono nitrogênio melhorando a qualidade da palhada (SILVA *et al.*, 2009). A elevada produção de massa seca garante ao solo um maior aporte de matéria orgânica, além de contribuir para menor incidência de plantas daninhas, armazenamento de água e ciclagem de nutrientes vindos de camadas inferiores do

solo até a superfície, sendo disponibilizados posteriormente a cultura da soja (ALVARENGA *et al.*, 2001; TREZZI; VIDAL, 2004; SILVA *et al.*, 2009).

A dose de máxima eficiência produtiva para a variável MS foi de 219% da adubação recomendada, acima desses valores já não ocorre mais resposta produtiva da cultura da aveia na produção de biomassa. Com isso, o triplo da adubação (300%) apresentou leve redução na produção de matéria seca. Tal fato, pode ser atribuído ao acamamento, sombreamento precoce do terço inferior das plantas, redução da taxa de fotossíntese pelo sombreamento, entre outros fatores fisiológicos. Segundo Prando *et al.* (2013) em estudo realizado com trigo, importante gramínea de inverno, a elevação nas doses de nitrogênio diminui a produtividade devido ao acamamento pelo maior crescimento da cultura.

O aumento da produção de matéria seca proporciona inúmeros benefícios ao solo. Entretanto, a adição em grandes quantidades de palhada no solo pode acarretar em problemas operacionais e de plantabilidade para a próxima cultura, podendo prejudicar a emergência de plântulas e comprometendo o estande final da lavoura. Em razão disso, é papel do produtor atentar-se a qualidade de sua semeadora no corte da matéria seca, resultando em um plantio mais uniforme e consequentemente mais produtivo (ALVARENGA *et al.*, 2001).

Figura 2 – Efeito das doses de adubação na massa verde da aveia preta (MV) (A) e massa seca da aveia preta (MS) (B). UTFPR, Pato Branco – PR. 2021.



5.3 CULTURA DA SOJA

De acordo com a análise de variância houve interação entre os fatores apenas para o caractere altura de inserção do primeiro legume (AIPL) (Tabela 4). As doses de adubação (Fator 2), demonstraram efeito significativo para as variáveis rendimento de grãos (RG), peso de mil sementes, (PMS), estatura de plantas (EST), e número de ramos (NR). Já o fator manejo (Fator 1), houve efeitos significativos para rendimento de grãos (RG), número de ramos (NR) e número de legumes totais (NLT).

Tabela 4 – Resumo da análise de variância para rendimento de grãos (RG), peso de mil sementes (PMS), estatura de plantas (EST), altura de inserção do primeiro legume (AIPL) número de nós produtivos (NNP) e número de legumes totais (NLT) para a cultura da soja submetida a diferentes manejos e doses de adubação. UTFPR, Pato Branco – PR. 2021.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio					
		RG (kg ha ⁻¹)	PMS (g)	EST (cm)	AIPL (cm)	NR	NLT
Bloco	2	733467	42,9	22,1	2,4	0,3	27,7
Fator 2	3	1784820**	294,9**	170,4**	2,7*	0,7**	166,3ns
Fator 1	2	1146148*	67,3ns	12,7ns	1,3ns	0,5*	238,9*
Interação F1*F2	6	117552ns	88,6ns	4,8ns	2,3*	0,1ns	42,2ns
Resíduo	22	242121	203	15,0	0,90	0,1	55,8
Total	35						
CV (%)		7,63	1,46	4,3	8,5	16,38	13,16
Média		6449,83	205,65	90,28	11,18	2,38	56,76

*,**Significativo ao teste F ao nível de 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente; ns Não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

Em relação ao caractere rendimento de grãos (RG), o manejo 3 (toda adubação na soja) apresentou os melhores resultados, com uma média produtiva de 6795 kg ha⁻¹. Contudo não diferiu significativamente do manejo 2 (50% da adubação na aveia e 50% na soja) (Tabela 5). O RG mostrou-se dependente da forma de manejo, apresentando um decréscimo na produção e nos componentes de rendimento quando utilizado o manejo 1 (inversão total da adubação na aveia preta). Sendo assim, é considerado mais viável a aplicação do fertilizante no momento do plantio da soja (manejo 3) ou então de forma parcelada (50% na aveia e 50% na soja – manejo 2) já que não houve diferença significativa entre os manejos 2 e 3.

O manejo 1 pode ter afetado diretamente o fornecimento de nutrientes para a cultura da soja, influenciando na produtividade final da cultura. Segundo Parvej *et al.* (2015), a limitação do fornecimento de K para a planta pode ocasionar perdas de 13 a 15% na produtividade de soja. Os sintomas de escassez de K é

observado principalmente no final do ciclo da cultura, causando abortamento de vagens e sementes, além de um menor PMS.

A inversão de adubação do fósforo pode elevar a produção da aveia e manter o nutriente disponível na palhada, afim de evitar maior parte da complexação com o ferro e alumínio. Porém as perdas desse elemento para o solo ainda são consideráveis. A decisão de inverter ou não a adubação deste nutriente deve ser tomada com cuidado, levando em consideração a origem do solo, disponibilidade do nutriente e matéria orgânica (KURIHARA; HERNANI, 2011). Com isso, uma alternativa viável seria o parcelamento da adubação, já que foi constatado que essa estratégia não apresentou diferença significativa para o manejo com adubação somente na cultura da soja.

Este trabalho é decorrente do terceiro ano de cultivo com inversão de adubação, inicialmente avaliado por Zanella (2019). Pode-se observar alguns resultados semelhantes a pesquisa inicial, onde os manejos com doses mais elevadas de adubação na cultura da aveia, proporcionaram maiores acúmulos de biomassa. Além disso, novamente o manejo com parcelamento da adubação (50% na soja e 50% na aveia), apresentou boa produtividade para ambas as culturas (9385 kg ha⁻¹ de matéria seca para a aveia e 6355 kg ha⁻¹ de grãos de soja), sendo uma alternativa viável o seu emprego nos sistemas de produção, agregando maior qualidade ao solo pelo aporte de biomassa, sem interferir significativamente a produtividade da cultura da soja.

No entanto, alguns resultados divergem de Zanella (2019), no qual o rendimento de grãos não apresentou diferença significativa em relação aos manejos: inversão total na cultura da aveia ou toda adubação na cultura da soja. Isso prova que os resultados com avaliação de antecipação da adubação demandam maior tempo de avaliação para surtirem efeitos, ressaltando que o conceito de adubação de sistema pode ser empregado de forma eficiente. Ainda, para Foloni e Rosolem (2008) a antecipação da adubação potássica na cultura do milheto (*Pennisetum glaucum*) não alterou o rendimento de grãos de soja. Tais resultados corroboraram com Silva e Lazarini (2014), onde níveis de adubação potássica, invertidas ou não em plantas de cobertura, não influenciaram o rendimento da soja.

Em relação ao fator doses de adubação, o rendimento de grãos (RG) demonstrou incremento de acordo com o aumento das doses.

Tabela 5 – Médias para as variáveis rendimento de grão (RG), número de ramos (NR) e número de legumes totais (NLT) para cultura da soja. UTFPR, Pato Branco – PR. 2021.

Manejo de adubação	RG (kg ha ⁻¹)	NR	NLT
1	6199,2 b	2,22 b	53,34 b
2	6355,1 ab	2,29 ab	55,13 ab
3	6795,1 a	2,62 a	61,80 a

* Médias seguidas por mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a nível de 5% de erro.

Observou-se resposta linear, com destaque para a dose de 200% a qual apresentou os melhores resultados no rendimento (Figura 3A). O ponto de máxima eficiência produtiva para o RG foi observado a partir dose de 295% da adubação recomendada. A partir desse ponto os valores se estabilizaram e iniciaram um leve decréscimo, como observado na dose de 300%, no qual, não ocorre mais resposta produtiva da planta ao aumento do nível de adubação.

Os resultados corroboram com Guareschi (2011), que obteve maior produtividade de grãos com doses mais elevadas de fósforo e potássio (160 kg ha⁻¹ de K₂O e P₂O₅), evidenciando o efeito negativo que a ausência de adubação pode acarretar ao rendimento final da cultura. Além disso, vale ressaltar que o manejo parcelado (manejo 2) permite melhor distribuição do fertilizante na semeadura da aveia preta com espaçamento de 17 cm entre linhas, garantido melhor uniformidade na distribuição, demonstrando ser uma escolha interessante para correções dos níveis de nutrientes no solo sem comprometer a produtividade final da soja.

Para o peso de mil sementes (PMS), os resultados demonstram comportamento semelhante ao RG, no qual, o dobro da dose recomendada teve os melhores resultados (Figura 3B). O PMS é uma característica determinada geneticamente, podendo ser influenciada por fatores ambientais (Pandey e Torrie, 1973). Para Guareschi (2011), o PMS não foi influenciado pelo aumento das doses de adubação e o mesmo foi observado por Santos e Vargas (2012), ambos não obtiveram aumento significativo do PMS a partir de diferentes manejos de adubação potássica.

A estatura de plantas (EST; Figura 3C), é possível verificar o alongamento das plantas de acordo com a dose de adubo utilizada. Os resultados são semelhantes aos obtidos por Junior *et al.* (2008), que também obtiveram

resposta na estatura de plantas a partir de maiores doses de adubação fosfatada, porém, a altura se estabilizou a partir das doses acima de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Já para Tomaz (2018), maiores doses de potássio apresentaram aumento linear na altura das plantas de soja, constatando um alongamento de 5,7 cm a cada 100 kg ha⁻¹ K₂O aplicado.

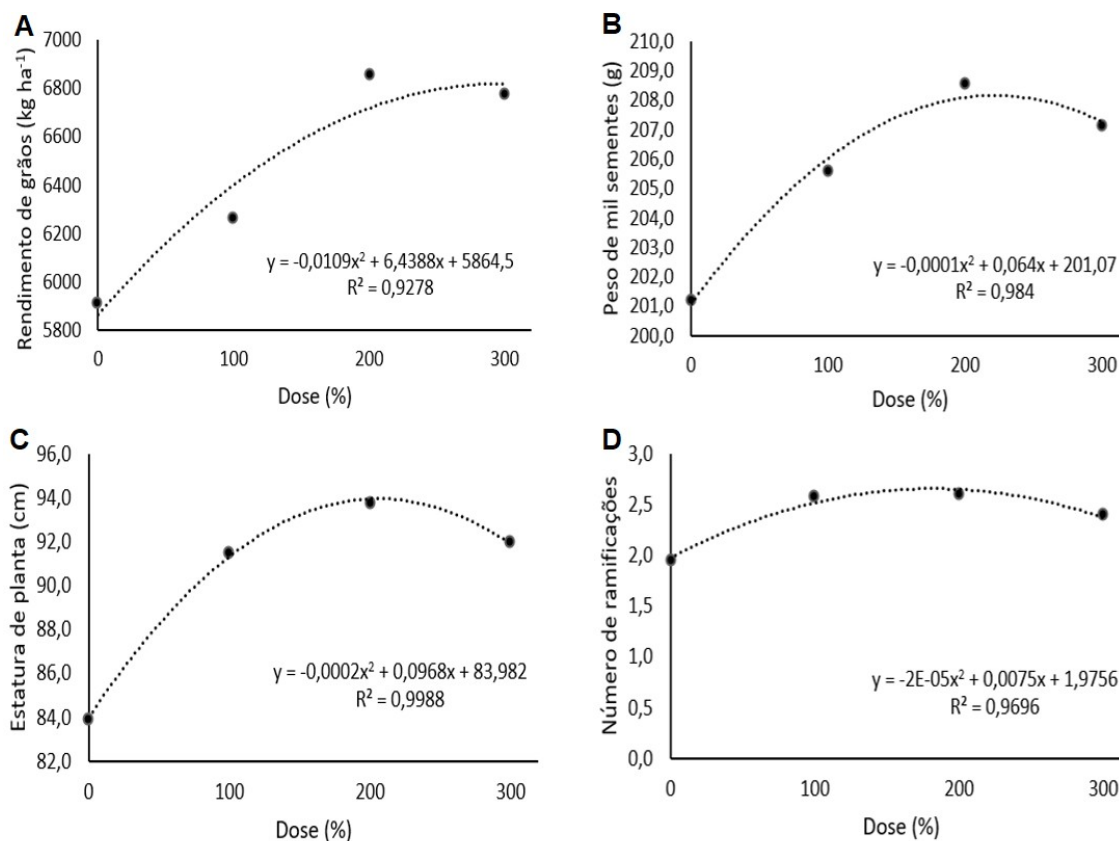
É possível observar que ocorre uma elevação no número de ramificações (NR) em proporção ao aumento da adubação, porém começa a diminuir a partir da dose de 200% (Figura 3D). Apresentando maior número de ramificações com a dose recomendada. Na literatura, o NR é descrito como uma variável altamente dependente da densidade de plantas utilizada e da incidência de luz nas gemas axilares, induzindo a formação de novas ramificações (HINSON; HANSON 1962; MAUAD *et al.*, 2010).

Tendo em vista o efeito da adubação na cultura da soja, há relatos que elevadas doses de nutrientes, como o potássio, podem resultar em condições de estresse nas plantas. O elemento geralmente é aplicado na forma de K₂O, podendo causar um efeito salino ao solo e prejudicar o desenvolvimento do sistema radicular (ERNANI, ALMEIDA; SANTOS, 2007; BERNARDI *et al.*, 2009). O mesmo acontece para o fósforo, quando aplicado em elevadas quantidades pode interferir na absorção de outros elementos (CARNEIRO *et al.*, 2008). Visto que o solo já se mostrava com bons teores de ambos os nutrientes, a dose de 300% apresentou um leve decréscimo nos valores de todos os caracteres avaliados, possivelmente causado pela interferência do P e K na absorção de outros elementos.

Apesar da interação significativa entre os fatores manejo x doses de adubação para AIPL, observa-se pouca explicação agrônômica para o mesmo (Figura 4). Os resultados corroboram com Neto *et al.* (2010), onde também não obteve resposta a essa variável a partir de maiores doses de adubação fosfatada. Da mesma forma, Sedyama *et al.* (2005) afirmam que a AIPL é uma característica altamente dependente da cultivar e que as doses de adubação não interferem na altura da inserção da primeira vagem, com valores médios que variam de 10 a 12 cm.

A ausência de efeito das doses de adubação fosfatada também é descrita por Rosolem (1984) e Rezende *et al.* (2005), no qual a altura da inserção da primeira vagem não sofre com a elevação de maiores níveis de fósforo.

Figura 3 – Efeitos das doses de adubação no Rendimento de grão (RG) (A), peso de mil sementes (PMS) (B), estatura de plantas (EST) (C), número de ramificações (NR) (D) para a cultura da soja. UTFPR, Pato Branco – PR. 2021.

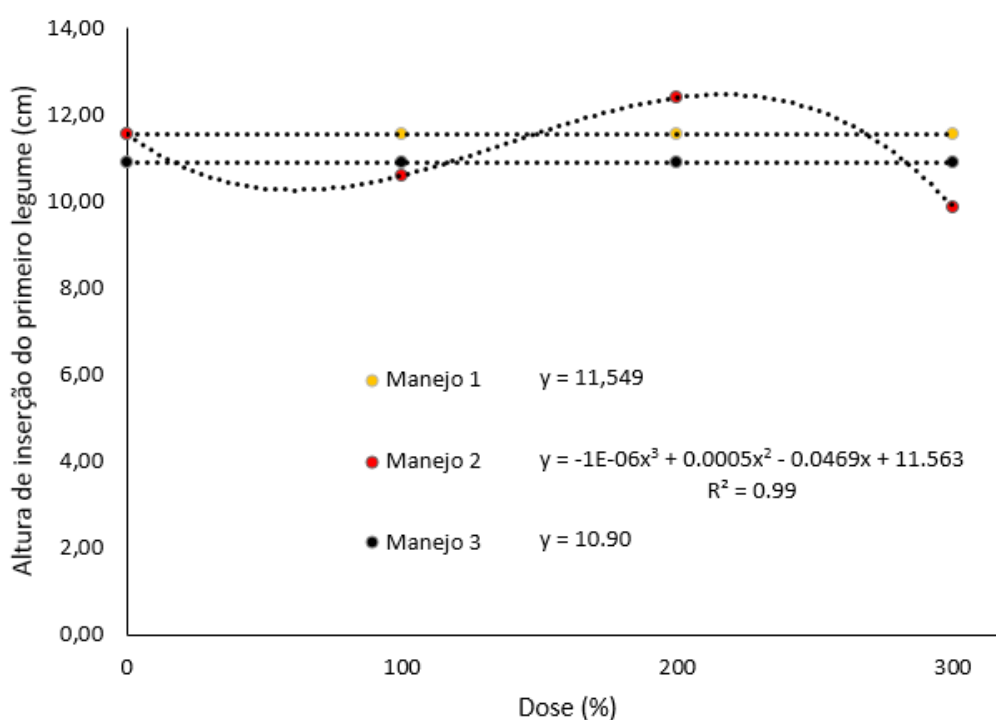


Isso se explica pelo fato desta variável ser determinada apenas após o crescimento do primeiro internódio, que ocorre no início do desenvolvimento vegetativo. Mesmo o P sendo um nutriente exigido em todo o ciclo da cultura da soja, cerca de 60% do total só é absorvido pela planta depois do estágio R1, momento esse em que a altura da inserção da primeira vagem já foi definida.

Conforme abordado por Bossolani *et al.* (2018), são frequentes as pesquisas sobre manejos e doses de adubação, principalmente para reduzir perdas e elevar a eficiência no cenário agrícola. Como abordado no presente trabalho, o fornecimento de nutriente na cultura da aveia preta, proporciona um incremento de até 30% na produção de palhada, colaborando para uma melhor cobertura e

manutenção dos atributos de qualidade do solo. Os benefícios também foram observados para o parcelamento da adubação (50% na aveia e 50%), pois não houve interferência significativa no rendimento de grãos. Porém, o manejo com inversão total na cultura da aveia preta, causou queda do rendimento da soja, com isso, a inversão da adubação ainda apresenta alguns desafios a serem solucionados pela pesquisa, para que os manejos sejam realizados de modo com que ocorra equilíbrio ao sistema, garantindo benefícios a ambas as culturas.

Figura 4 – Efeitos das doses de adubação na Altura da inserção do primeiro legume (AIPL), em relação a cada manejo de adubação. UTFPR, Pato Branco – PR. 2021.



6 CONCLUSÕES

A cultura da aveia preta é altamente responsiva ao aumento das doses de adubação, demonstrando um incremento de 30% na produção de massa seca para doses de até 231% acima do recomendado.

O dobro da adubação recomendada (200%) revelou os melhores rendimentos produtivos, tanto em biomassa para a aveia preta quanto no rendimento de grãos da soja.

A adubação de sistemas, utilizando o manejo de parcelamento da adubação (50% na aveia preta e 50% na soja) beneficia ambas as culturas. Esta estratégia pode ser adotada sem perdas no rendimento de grãos da soja.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, Dirceu *et al.* Adaptação de espécies utilizadas para cobertura de solo no sul do Rio Grande do Sul. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 6, n. 1, p. 47–52, 2000.
- ALCANTARA-NETO, Francisco *et al.* Adubação fosfatada na cultura da soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Revista Ciência agrônômica**, v. 41, n. 2, p. 266–271, 2010.
- ALMEIDA, J A; TORRENT, J; BARRÓN, V. Cor de solo, formas do fósforo e adsorção de fosfatos em Latossolos desenvolvidos de basalto do extremo-Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 985–1002, 2003.
- ALVARENGA, Ramon Costa *et al.* **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto**. Belo Horizonte, 2001.
- ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- AMADO, T J C; SCHLEINDWEIN, J A; FIORIN, J E. Manejo do solo visando a obtenção de elevados rendimentos de soja sob sistema plantio direto. In:_____. **Soja-Manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre: UFRGS, 2010. p. 35–97.
- ANDERSON, Traute-Heidi; DOMSCH, Klaus H. Biomassa microbiana do solo: a abordagem ecofisiológica. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 12, p. 2039–2043, 2010.
- ANDOGNINI, Jadiel *et al.* Soil compaction effect on black oat yield in Santa Catarina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, n. 1, p. 1–15, 2020.
- ASSMANN TANGRIANI SIMIONI ANS SOARES, André Brugnara *et al.* Adubação de sistemas em integração lavou-pecuária. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, Congresso brasileiro de sistemas integrados de produção agropecuária. Cascavel, 2017.
- BERNARDI, Alberto Carlos de Campos *et al.* Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 158–167, 2009.
- BOSSOLANI, João W *et al.* Potassium doses in previous crops and effect on soybean in succession. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 90–94, 2018.
- BRAIDA, João Alfredo *et al.* Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 4, p. 605–614, 2006.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. [S.l.], 2009.

CALONEGO, Juliano C *et al.* Soil compaction management and soybean yields with cover crops under no-till and occasional chiseling. **European Journal of Agronomy**, v. 85, n. 1, p. 31–37, 2017.

CÂMARA, Gil Miguel de Sousa. Adubação. In:__. **Soja: do plantio a colheita**. Viçosa: Universidade federal de Viçosa, 2015. cap. 5, p. 110–149.

CARNEIRO, Leandro Flávio *et al.* Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na interação fósforo-zinco em milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1133–1141, 2008.

CASALI, Carlos Alberto *et al.* Benefícios do uso de plantas de cobertura de solo na ciclagem de fósforo. In:_____. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre: UFRGS, 2016. cap. 2, p. 23–33.

CONAB. **Acompanhamento da safra de grãos 2019/2020: décimo primeiro levantamento**. Brasília, 2021.

CONAB. **Séries históricas – aveia**. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=10>. Acesso em: 20 mar. 2021.

COSTA, Murilo Dalla; LOVATO, Paulo Emílio. Fosfatases na dinâmica do fósforo do solo sob culturas de cobertura com espécies micorrízicas e não micorrízicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 6, p. 603–605, 2004.

CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa *et al.* Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 481–489, 2008.

CRUZ, Cosme Damião. Genes software-extended and integrated with the R, matlab and selegen. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 38, n. 4, p. 547–552, 2016.

DEBIASI, Henrique *et al.* Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 6, p. 603–612, 2010.

DECHEN, Antônio Roque; NACHTIGALL, Gilmar Ribeiro. Elementos requeridos a nutrição de plantas. In:_. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 3, p. 91–132.

DERPSCH, Rolf *et al.* Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 3, n. 1, p. 1–25, 2010.

DERPSCH, Rolf; CALEGARI, Ademir. **Guia de plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: Instituto de desenvolvimento rural do Paraná, 1985.

DUARTE, Tiago C *et al.* Spatial arrangements and fertilizer doses on soybean yield and its components. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 11, p. 960–964, 2016.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Empresa brasileira de pesquisa agropecuária, 2006.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2014**. Londrina: Empresa brasileira de pesquisa agropecuária, 2013.

ERNANI, P R; ALMEIDA, J A; SANTOS, F C. Potássio. In:_____. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade brasileira de ciência do solo, 2007. cap. 9, p. 551–595.

FAGERIA, Nand Kumar. **The use of nutrients in crop plants**. New York: CRC press, 2016.

FARIA, Lucas Alves de *et al.* Oil and protein content in the grain of soybean cultivars at different sowing seasons. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 13, n. 2, p. 1–7, 2018.

FEDERIZZI, Luiz Carlos *et al.* Importância da cultura da aveia. In: **Indicações técnicas para cultura da aveia**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2014. cap. 1, p. 13–23.

FOLONI, José Salvador Simoneti; ROSOLEM, Ciro Antonio. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1549–1561, 2008.

FONTANA, Ademir *et al.* Fósforo remanescente e correlação com as substâncias húmicas em um latossolo vermelho sob diferentes sucessões de cultura em plantio direto. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 14, n. 1, p. 161–166, 2008.

FRANÇA-NETO, J B *et al.* Determinação da qualidade fisiológica das sementes de soja colhidas no Brasil na safra 2015/16. In: EMBRAPA, 8. Goiânia, 2018.

FRANCISCO, Eros Artur Bohac; CÂMARA, Gil Miguel de Sousa; SEGATELLI, Cláudio Roberto. Estado nutricional e produção do capim-pé-de-galinha e da soja cultivada em sucessão em sistema antecipado de adubação. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 259–266, 2007.

GAZZONI, Decio Luiz. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 3, p. 16–18, 2018.

GIACOMINI, S J *et al.* Matéria seca, relação c/n e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 27, n. 2, p. 325–334, 2003.

GUARESCHI, Roni Fernandes *et al.* Adubação antecipada na cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímeros. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 4, p. 643–648, 2011.

GUENZI, WD; MCCALLA, TM. Phenolic acids in oats, wheat, sorghum, and corn residues and their phytotoxicity 1. **Agronomy Journal**, v. 58, n. 3, p. 303–304, 1966.

- HAGEMANN, Thaís Raquel *et al.* Potencial alelopático de extratos aquosos foliares de aveia sobre azevém e amendoim-bravo. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 509–518, 2010.
- HINSON, Kuell; HANSON, WD. Competition studies in soybeans. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 117–123, 1962.
- ITTERSUM, Martin K Van *et al.* Yield gap analysis with local to global relevance—a review. **Field crops research**, v. 143, n. 1, p. 4–17, 2013.
- JUHÁSZ, Ana Cristina Pinto *et al.* **Desafios fitossanitários para a produção de soja**. Belo Horizonte, 2013.
- JUNIOR, Adilson Oliveira *et al.* **Adubação potássica da soja: cuidados no balanço de nutrientes**. Londrina, 2013.
- JUNIOR, Alvadi Aantonio Balbinot *et al.* **Análise da área, produção e produtividade da soja no Brasil em duas décadas (1997-2016)**. Londrina, 2017.
- JUNIOR, Alvadi Antonio Balbinot *et al.* Desempenho de soja cultivada em sucessão à aveia-preta e ao trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, n. 1, p. 1–9, 2020.
- JÚNIOR, Daniel Dias Valadao *et al.* Adubação fosfatada na cultura da soja em rondônia. **Scientia agraria**, v. 9, n. 3, p. 369–375, 2008.
- KRAMBERGER, Branko *et al.* Effects of cover crops on soil mineral nitrogen and on the yield and nitrogen content of maize. **European Journal of Agronomy**, v. 31, n. 2, p. 103–109, 2009.
- KURIHARA, Carlos Hissao; HERNANI, Luis Carlos. **Adubação antecipada no sistema plantio direto**. Dourados, 2011.
- LAMEGO, Fabiane Pinto *et al.* Potencial de supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura de verão. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 1, p. 97–105, 2015.
- LEMES, Elisa *et al.* Tratamento de sementes industrial: potencial de armazenamento de sementes de soja tratadas com diferentes produtos. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 3, p. 94–103, 2019.
- LORINI, Irineu. **Qualidade de sementes e grãos comerciais de soja no Brasil-safra 2015/16**. Londrina, 2017.
- MARTINAZZO, Rosane *et al.* Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto em resposta à adição de fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 3, p. 563–570, 2007.
- MASCARENHAS, HAA *et al.* Senescência anormal em soja decorrente de distúrbios fisiológicos. **O Agrônomo**, v. 40, n. 2, p. 130–138, 1988.
- MAUAD, Munir *et al.* Influência da densidade de semeadura sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Agrarian**, v. 3, n. 9, p. 175–181, 2010.
- MIFLIN, Benjamin J; LEA, Peter J. The pathway of nitrogen assimilation in plants. **Phytochemistry**, v. 15, n. 6, p. 873–885, 1976.

MUNKHOLM, Lars J; HECK, Richard J; DEEN, Bill. Rotação de longo prazo e efeitos do preparo do solo na estrutura do solo e na produtividade da cultura. **Soil and Tillage Research**, v. 127, n. 1, p. 85–91, 2013.

NAVES, Rafael Tomaz. **Desempenho agrônômico e qualidade de sementes de soja em função da adubação potássica adicional em cobertura**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) — Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2018.

NOVAIS, Roberto Ferreira *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade brasileira de ciência do solo, 2007.

OLIVEIRA, Leandro Bittencourt de *et al.* Fósforo microbiano em solos sob pastagem natural submetida à queima e pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1509–1516, 2011.

OSHE, Silvana *et al.* Manejo da palha da aveia-preta sobre a cultura da soja em semeadura direta. **Visão acadêmica**, v. 20, n. 4, p. 45–61, 2019.

PACHECO, Leandro Pereira *et al.* Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 17–25, 2011.

PANDEY, JP; TORRIE, JH. Path coefficient analysis of seed yield components in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). **Crop Science**, v. 13, n. 5, p. 505–507, 1973.

PARVEJ, Md Rasel *et al.* Potassium fertility effects yield components and seed potassium concentration of determinate and indeterminate soybean. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 3, p. 943–950, 2015.

POLLNOW, Henrique Ehlert *et al.* Manejo da adubação de base em soja no noroeste do Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 38913–38923, 2020.

PRANDO, Andre mateus *et al.* Características produtivas de trifo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa agropecuária tropical**, v. 43, n. 1, p. 34–41, 2013.

REZENDE, Pedro Milanez *et al.* Adubação foliar. 1. épocas de aplicação de fósforo na cultura da soja. **Ciência agrotecnica**, v. 49, n. 6, p. 1105–1111, 2005.

ROSOLEM, Ciro Antônio *et al.* Potássio lixiviado da palha de aveia-preta e milheto após a dessecação química. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, n. 8, p. 1169–1175, 2007.

ROSOLEM, Ciro Antônio. **Nutrição mineral e adubação da soja**. Piracicaba, 1984.

ROSOLEM, Ciro Antônio; BESSA, Antonio Marcos; PERREIRA, Hélio Fernandes Marques. Dinâmica do potássio no solo e nutrição potássica da soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 28, n. 9, p. 1045–1054, 1993.

SANTOS, R; VARGAS, G R. Efeito da adubação potássica na produtividade da soja. **Publicatio UEPG**, v. 18, n. 2, p. 79–84, 2012.

SBCS/NEPAR. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba, 2017. 482 p.

SEDIYAMA, Tuneo. **Produtividade da soja**. Londrina: Mecenias, 2016.

SEDIYAMA, Tuneo; TEIXEIRA, R de C; REIS, M S. Melhoramento de soja. In:_____. **Melhoramento de plantas cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005. cap. 14, p. 897–930.

SFREDO, Gedi Jorge. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Londrina, 2008.

SILVA, Amilton Ferreira da; LAZARINI, Edson. Doses e épocas de aplicação de potássio na cultura da soja em sucessão a plantas de cobertura. **Semina: ciências agrárias**, v. 35, n. 1, p. 179–192, 2014.

SILVA, Maria Anita Gonçalves da *et al.* Manejo da adubação nitrogenada e influência no crescimento da aveia preta e na produtividade do milho em plantio direto. **Acta scientiarum**, v. 31, n. 2, p. 275–281, 2009.

SILVA, Paulo Regis Ferreira da *et al.* Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência rural**, v. 36, n. 3, p. 1011–1020, 2006.

SILVA, Sérgio Brazão e; SILVA, Ivan Alexandre Neves. Introdução a interpretação de análise de solo. In:_____. **Ensino técnico e extensão universitária O conhecimento traduzido em cursos**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2018. cap. 2, p. 49–66.

SIQUEIRA, Tagore Villarim. **O ciclo da soja: desempenho da cultura da soja entre 1961 e 2003**. Rio de Janeiro, 2004.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2016.

TEIXEIRA, Aline Maria dos Santos *et al.* Avaliação da rocha fonolito como fertilizante alternativo de potássio. **Holos**, v. 5, n. 1, p. 21–33, 2012.

TODESCHINI, Matheus Henrique *et al.* Soybean genetic progress in South Brazil: physiological, phenological and agronomic traits. **Euphytica**, v. 215, n. 124, p. 1–12, 2019.

TREZZI, Michelangelo Muzel; VIDAL, R A. Potencial de utilização de cobertura vegetal de sorgo e milheto na supressão de plantas daninhas em condições de campo: li efeitos da cobertura morta. **Planta daninha**, v. 22, n. 1, p. 1–10, 2004.

USDA. **World Agricultural Production**. 2020. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2020.

VALICHESKI, Romano R *et al.* Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 16, n. 9, p. 969–977, 2012.

ZANELLA, Rodrigo *et al.* System fertilization: a viable practice for black oat-soybean crop. **Brazilian Archives of biology and Technology**, v. 63, n. 1, p. 1–12, 2020.

ZANELLA, Rodrigo. **Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

ZHANG, Xin *et al.* Significant residual effects of wheat fertilization on greenhouse gas emissions in succeeding soybean growing season. **Soil and Tillage Research**, v. 169, n. 1, p. 7–15, 2017.