

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

RODRIGO JUNIOR SCHNEIDER

VIABILIDADE DO SISTEMA DE CULTIVO INTERCALAR TRIGO-
SOJA E MILHO EM SUCESSÃO

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2021

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

RODRIGO JUNIOR SCHNEIDER

**VIABILIDADE DO SISTEMA DE CULTIVO INTERCALAR TRIGO-
SOJA E MILHO EM SUCESSÃO**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2021

RODRIGO JUNIOR SCHNEIDER

**VIABILIDADE DO SISTEMA DE CULTIVO INTERCALAR TRIGO-
SOJA E MILHO EM SUCESSÃO**

Feasibility of wheat-soybean relay cropping and maize in succession

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia

- Área de Concentração: Solos e Sistemas Integrados de Produção Agropecuária.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Fernando Adami

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos André Bahry

PATO BRANCO

2021



Esta licença permite o download e o compartilhamento da obra desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-la ou utilizá-la para fins comerciais.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco



RODRIGO JUNIOR SCHNEIDER

VIABILIDADE DO SISTEMA DE CULTIVO INTERCALAR TRIGO-SOJA E MILHO EM SUCESSÃO

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Área de concentração: Solos E Sistemas Integrados De Produção Agropecuária.

Data de aprovação: 29 de Março de 2021

Prof Paulo Fernando Adami, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Alcir Jose Modolo, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Decio Karam, Doutorado - Embrapa

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 29/03/2021.

Dedico este trabalho a Deus, meus pais Gaspar Luiz Schneider e Rosangela Silveira Brum Schneider, a minha namorada e parceira Patrícia Micheli Bravo Fukuda, e a todos que contribuíram e acreditaram em meu trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me conceder o dom da vida, e a chance de poder contribuir para com meus irmãos e neste mundo; e por todas as bênçãos que tem posto nesta jornada.

Sou grato a meus pais, Gaspar Luiz Schneider e Rosangela Silveira Brum Schneider, pela confiança, e por todo o carinho, esforço e sacrifícios que fizeram para que esse momento possa estar existindo, sem vocês, nada disso seria possível.

A minha namorada e parceira Patrícia Micheli Bravo Fukuda, pela paciência, compreensão e ajuda em todo o período deste projeto.

A meus amigos e colegas, que em todos os momentos estiveram comigo, pela parceria, amizade, compreensão e ajuda neste projeto, vocês me fizeram acreditar, e tornar esse projeto possível.

A minha família, pelo apoio e por me fazer sempre ter a certeza de que tenho um lar, um porto seguro.

O meu orientador, Paulo F. Adami, pelas ideias inovadoras, pela persistência e confiança em mim depositada. Obrigado por sua amizade, conhecimento, pela oportunidade e paciência nesses dois anos. Uma pessoa de bom coração, a quem me espelho pessoal e profissionalmente.

O meu Co-orientador, Carlos A. Bahry pelas ideias e correções que fizeram engrandecer e dar mais sentido a este trabalho.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná; aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Campus Pato Branco e Dois Vizinhos), pelo conhecimento repassado, pelas inúmeras dúvidas tiradas e pela amizade. Aos demais funcionários pelo ótimo serviço desempenhado, e sempre dispostos a ajudar.

As empresas Lavoura SA, e Coopavel, pela compreensão nos momentos de ausência em meu trabalho, em prol deste projeto.

Muito obrigado!

Disse-lhe Jesus: “Eu sou o caminho, e a verdade e a vida; ninguém vem ao pai, senão por mim”. (João 14:6)

RESUMO

SCHNEIDER, Rodrigo, J. **Viabilidade do sistema de cultivo intercalar Trigo-Soja e Milho em sucessão**. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Solos e Sistemas Integrados de Produção Agropecuária), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco (UTFPR), 2021.

O sistema trigo-soja é um dos arranjos mais utilizados no Sul do país, no entanto, mesmo o Brasil produzindo menos de 50% da sua demanda de trigo, a cultura tem perdido área de cultivo em muitas regiões tritícolas. Neste contexto, o consórcio intercalar permite a sobreposição da soja no trigo por um período de tempo, permitindo reduzir riscos produtivos a ganhos em termos de antecipação da semeadura da soja. O objetivo do trabalho foi avaliar a viabilidade técnica e econômica do cultivo intercalar trigo-soja e a viabilidade do cultivo de milho safrinha no mesmo ano agrícola. O experimento foi conduzido na UTFPR, Câmpus Dois Vizinhos - PR. O delineamento experimental utilizado no cultivo trigo-soja foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 6x3 e 4x3, com 3 repetições, respectivamente, para as safras 2019/2020 e 2020/2021. O fator A foi composto por espaçamentos das entrelinhas do trigo, com arranjos de 17 e 22 centímetros em linhas simples (tratamento controle), alternadas (17A e 22A realizado apenas no 1º ano) e linhas duplas (17D e 22D), resultando no espaçamento da soja de 45 cm para as linhas simples e 34, 44, 51 e 66 cm para os demais tratamentos, respectivamente. O fator B foi composto por 2 épocas de semeadura da soja BMX Zeus, em sistema intercalar com o trigo e uma em contraste após a colheita do trigo (controle). O delineamento utilizado para milho safrinha foi de três épocas de semeadura com 3 repetições. O melhor arranjo intercalar trigo-soja foi o de 17D, em que o trigo produziu 2.812 e 2.267 kg ha⁻¹, ou 69,41 e 64,82% do total produzido pelo tratamento controle, no 1º e 2º ano, respectivamente. No primeiro ano, a soja, no arranjo de 51 cm, (mesmo 17D do trigo) em 2º época de semeadura (23/09/2019), produziu 6.029,42 kg ha⁻¹ (24,66% superior a 1º época 13/09/2019 e 6,23% inferior ao controle 14/10/2019). No segundo ano, o mesmo arranjo em segunda época (29/09/2020), produziu 4.235,00 kg ha⁻¹ (12,58% superior a 1º época 14/09/2020 e 7,4% inferior ao controle 23/10/2020). Com a antecipação da semeadura em segunda época (1º ano) reduziu-se 1.239 kg ha⁻¹ de trigo, e 400 kg ha⁻¹ de soja, contudo, o cultivo intercalar permitiu o adiantamento do cultivo do milho em 15 dias e resultou em uma produtividade de 1.956 kg ha⁻¹ a mais em comparação ao cultivo do milho pós soja no sistema convencional. Ainda, no sistema convencional trigo-soja, não é possível cultivar milho safrinha dentro do zoneamento agrícola. Conclui-se que as perdas de produtividade de trigo, devido aos arranjos de entrelinhas, são compensadas pela produtividade de milho safrinha, por outro lado, no sistema convencional soja-trigo, não é viável o cultivo de milho safrinha. O sistema de consórcio intercalar trigo-soja propicia ganhos de produtividade de grãos e contribui para o sistema produtivo, reduzindo riscos produtivos para as três culturas, além de propiciar maiores ganhos econômicos em ambos os anos avaliados. Trabalhos futuros podem avaliar o cultivo de trigo após milho safrinha uma vez que um maior intervalo de cultivo intercalar trigo-soja pode resultar em ganhos econômicos ainda maiores para os sistemas de produção, além de reduzir riscos de produção.

Palavras-chaves: Arranjos produtivos, Espaçamento, Épocas de semeadura, Redução de risco, Viabilidade do milho safrinha como 3º cultivo

ABSTRACT

SCHNEIDER, Rodrigo, J. **Feasibility of wheat-soybean relay cropping and maize in succession**. 90 f. Dissertation (Masters in Agronomy) - Graduate Program in Agronomy (Concentration Area: Soils and Integrated Agricultural Production Systems), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2021.

Wheat-soybean is one of the most used crop arrangements in the southern of Brazil. Even though, Brazil produces less than 50% of its wheat demand, the crop has been losing cultivation area in many regions of the country. In this context, relay cropping allows the overlapping of soybean on wheat for a period of time, reducing wheat productive risks and allowing gains in terms of anticipation soybean sowing and harvest. This study aimed to evaluate the technical and economic feasibility of wheat-soybean relay crop and the growth of corn as a third crop in the same agricultural year. Experiment was carried out at the UTFPR, campus Dois Vizinhos-PR in a randomized blocks design with in 6x3 and 4x3 factorial scheme, with 3 replications at the 2019/2020 and 2020/2021 growing season. Factor A was represented by the wheat inter-row spacing, with arrangements of 17 and 22 centimeters in single rows, in-between (17A and 22A performed only in the 1st year) and double rows (17D and 22D), resulting in soybean row spacing of 45 cm for the single rows and 34, 44, 51, and 66 cm for the other treatments respectively. Factor B was composed of 2 sowing periods of soybeans (BMX Zeus), in relay double cropping, where soybean was sown on standing wheat at milk and drought grain before crop maturity and 1 in contrast to sequential cropping where soybean is sown after wheat harvest. The best wheat-soybean relay cropping arrangement was 17D, where wheat produced 2,812 and 2,267 kg ha⁻¹, or 69.41 and 64.82% of the total produced by the control treatment in the 1st and 2nd year respectively. At the first year, soybean at the 51 cm arrangement, (same 17D as wheat) at the 2nd sowing season (09/23/19), produced 6,029.42 kg ha⁻¹ (32.5% higher than 1st season on 09/13/19 and 11.8% lower than control 10/3/19). At the 2nd year, the same treatment sowed at September 29th yielded 4,235.00 kg ha⁻¹ (12.58% more than the 1st sowing period which was on September 14th and 7.4% lower than the control sowed on October 23rd of 2020. Even its yield being 1,239 kg ha⁻¹ less than the control (17S), intercropping anticipated corn sowing in 15 days what resulted in a grain yield increase of 1,956 kg ha⁻¹ when compared to the corn sowed post-soybean harvest in the conventional system. The tradeoff between wheat yield losses and corn yield gains indicated that wheat-soybean relay cropping has a positive balance and can be used as a management strategy to reduce crop risks and obtain higher grain yield per area. Further, wheat-soybean at the conventional system do not allow corn crop adoption inside sowing zoning calendar. Wheat-soybean relay cropping provides grain yield gains per area and contributes to the productive system, reducing risks for the three crops and bringing higher economic gains in both studied years. Future studies may evaluate wheat grown after corn grown as a 2nd summer crop since it may result in a longer relay cropping period of soybean into wheat resulting in even greater economic gains for the production systems, besides reducing production risks.

Keywords: Crop arrangements, Row Spacing. Sowing periods. Risks reduction. Feasibility of corn grown as a 3rd Crop

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área experimental, UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	25
Figura 2 – Dados meteorológicos de temperatura máxima, mínima e precipitação, mensurados durante o período do experimento na safra 2019/2020 e 2020/2021. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	26
Figura 3 – Consórcio intercalar trigo-soja nos diferentes arranjos e espaçamento entrelinhas do trigo. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	27
Figura 4 – Semeadura de trigo com trator e semeadora (A e B), emergência do trigo com detalhes para formação das UE e Blocos (C). UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	29
Figura 5 – Controle de plantas daninhas (A), Pulgão (B), Alongamento (C), Florescimento (D). UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	31
Figura 6 – Cultivo intercalar trigo-soja (A, B e C). Estádios fenológicos do trigo (D), semeadora de parcelas manual (E). UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	32
Figura 7 – Balança semi-analitica (A), Amostras para MMG (B), Balança de Hectolitro (C), Medidor eletrônico de umidade (D). UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	35
Figura 8 – Colheita manual de trigo (A), Amostras para avaliação dos componentes de rendimento (B), Trilhadora mecânica (C). UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	35
Figura 9 – Colheita manual (A), Parcela colhida da UE (B), Trilha da Amostra (C), Mensuração da Altura de Plantas (D), Contagem de vagens e grãos (E) Medidor eletrônico de umidade (F). UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	36
Figura 10 – Efeitos do stress hídrico ao longo de todo ciclo do trigo da safra 2019, para os diferentes arranjos de espaçamento. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	41
Figura 11 – Soja recém emergida sob efeito de sombreamento do trigo (A); Desenvolvimento da soja em meio ao trigo (B); Estádio da soja na colheita do trigo (C); Rápido desenvolvimento pós colheita do trigo (D e E). UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	43
Figura 12 – Desenvolvimento vegetativo soja intercalar (A); Efeito dos colmos de trigo no fechamento de linha da soja (B e C); plantas segundo épocas de semeadura (D); Vagens da 1° e 3° época de semeadura (E); Vagens das três épocas de semeadura (F). UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	44
Figura 13 – Alta concentração de biomassa deixada pelo trigo (A), Soja emergida nas entrelinhas do trigo (B), safra 2019/2020. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	53
Figura 14 – Diferença de altura de plantas de soja e de ramificação para as diferentes épocas de semeadura, safra 2019/2020. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cronograma das operações desenvolvidas para os dois anos safras 2019/2020 e 2020/2021. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	28
Tabela 2 – Dados médios dos componentes de rendimento do trigo, referente aos diferentes arranjos de linhas e épocas de semeadura da soja em cultivo intercalar na safra 2019/2020. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	47
Tabela 3 – Número de espiguetas em função dos arranjos entrelinhas e épocas de cultivo intercalar da soja no trigo na safra 2019/20. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	48
Tabela 4 – Dados médios dos componentes de rendimento do trigo, referente aos diferentes arranjos de linhas e épocas de cultivo intercalar da soja na safra 2020/2021. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	50
Tabela 5 – Interação entre os fatores arranjos entre linha e épocas de semeadura intercalar da soja para a produtividade do trigo na safra 2020/2021. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021...52	52
Tabela 6 – Dados médios dos componentes de rendimento de soja em cultivo intercalar na safra 2019/2020. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	54
Tabela 7 – Interações observadas entre os diferentes arranjos e épocas de semeadura para a produtividade de Soja. 2019/2020. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	57
Tabela 8 – Análise de Contraste entre diferentes arranjos e épocas de semeadura, para componentes de rendimento de Soja. 2019/2020. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	59
Tabela 9 – Dados médios dos componentes de rendimento de soja em cultivo intercalar na safra 2020/2021. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	61
Tabela 10 – Interações observadas entre os diferentes arranjos e épocas de semeadura para o componente de rendimento, Número de grãos por planta de Soja. Safra 2010/2021. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	62
Tabela 11 – Análise de Contraste entre diferentes arranjos e épocas de semeadura, para componentes de rendimento e produtividade da Soja. 2020/2021. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	63
Tabela 12 – Componentes de rendimento e produtividade do Milho Safrinha 2020/2021, referente as diferentes épocas de semeadura. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	65
Tabela 13 – Avaliação da produtividade de grãos e avaliação econômica para a cultura do trigo, safras 2019/2020 e 2020/2021. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	68
Tabela 14 – Avaliação de produtividade de grãos e avaliação econômica para a cultura da Soja nas safras 2019/20 e 2020/21. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	69
Tabela 15 – Avaliação de rendimento de grãos e avaliação econômica para a cultura do Milho Safrinha, safra 2020. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	71
Tabela 16 – Avaliação de viabilidade econômica do sistema de produção intercalar com trigo em linhas simples e duplas de 17 cm, soja cultivada em sistema intercalar e após a colheita do trigo e milho safrinha na safra de 2019/2020. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	72
Tabela 17 – Avaliação de viabilidade econômica do sistema de produção intercalar com trigo em linhas simples e duplas de 17 cm, soja cultivada em sistema intercalar e após a colheita do trigo e milho safrinha na safra de 2020/2021. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.....	73

ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

- (AL) Arranjo de linhas
- (AP) Altura de planta
- (CE) Comprimento de espiga
- (CONAB) Companhia Nacional de Abastecimento
- (EMBRAPA) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- (EUA) Estados Unidos da América
- (ES) Época de semeadura
- (GM) Grupo de Maturação
- (MMG) Massa de mil grãos
- (PR) Paraná
- (PRONAF) Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura
- (RS) Rio Grande do Sul
- (SEAB) Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná
- (UTFPR) Universidade Tecnológica Federal do Paraná
- (ZARC) Zoneamento Agrícola de Risco Climático
- (17S) Linhas simples de 17 centímetros
- (17D) Linhas duplas de 17 centímetros
- (17A) Linhas alternadas de 17 centímetros
- (22S) Linhas simples de 22 centímetros
- (22D) Linhas duplas de 22 centímetros
- (22A) Linhas alternadas de 22 centímetros

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 SISTEMA DE PRODUÇÃO DE TRIGO.....	16
2.2 SISTEMA DE PRODUÇÃO DE SOJA.....	18
2.3 SISTEMA DE PRODUÇÃO INTERCALAR TRIGO-SOJA.....	19
2.4 VIABILIDADE DO CULTIVO DE MILHO SAFRINHA EM SUCESSÃO A SOJA.....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	25
3.2 DELINEAMENTO E TRATAMENTOS.....	26
3.3 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	28
3.3.1 Implantação do trigo nas safras 2019/2020 e 2020/2021.....	29
3.3.2 Manejo fitossanitário do trigo nas safras 2019/2020 e 2020/2021.....	30
3.3.3 Implantação da soja nas safras 2019/2020 e 2020/2021.....	31
3.3.4 Manejo Fitossanitario da soja nas safras 2019/2020 e 2020/2021.....	32
3.3.5 Implantação do milho na safra 2019/2020.....	33
3.3.6 Manejo fitossanitário do milho na safrinha 2019/2020.....	33
3.4 COLHEITAS, COMPONENTES DE RENDIMENTO.....	34
3.4.1 Colheita, componentes de rendimentos e produtividade do trigo.....	34
3.4.2 Colheita, componentes de rendimento e produtividade da soja.....	35
3.4.3 Colheita, componentes de rendimento e produtividade do milho safrinha.....	37
3.5 ANÁLISE ECONÔMICA.....	37
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1 INFLUÊNCIA DOS FATORES CLIMATICOS PARA O TRIGO.....	40
4.2 INFLUÊNCIA DOS FATORES CLIMÁTICOS PARA A SOJA.....	42
4.3 COMPONENTES DE RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE DO TRIGO.....	45
4.3.1 Safra 2019/2020.....	45
4.3.2 Safra 2020/2021.....	49
4.4 COMPONENTES DE RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA.....	53
4.4.1 Safra 2019/2020.....	53
4.4.2 Safra 2020/2021.....	61
4.5 COMPONENTES DE RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE DO MILHO SAFRINHA.....	64
4.6 ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DO SISTEMA INTERCALAR TRIGO- SOJA-MILHO SAFRINHA.....	68
5 CONCLUSÃO.....	75
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
REFERÊNCIAS.....	77

1 INTRODUÇÃO

A maior parte da área agrícola na América do Norte e países europeus cultivam apenas uma safra por ano, ou seja, se o produtor optar por cultivar trigo, este não consegue fazer uma segunda safra de soja ou milho no mesmo ano agrícola. Para otimizar o uso do solo, foi desenvolvido ao longo das últimas décadas uma técnica conhecida como “Relay cropping” ou cultivo intercalar, que permite a semeadura da soja nas entrelinhas da cultura do trigo, antes da sua colheita, a fim de antecipar a semeadura da soja e ganhar tempo, permitindo assim, o cultivo de duas safras por ano (WALLACE et al., 1992; KLINE, et al., 2001; FAGANELLO, et al., 2013; PIRES, et al., 2015).

No sul do Brasil, existe ampla diversidade climática, em que é possível cultivar a sucessão trigo-soja, ou mesmo a cultura do milho na segunda safra de verão. No entanto, apesar de apresentar um inverno mais ameno, sempre há riscos de geadas, que podem provocar perdas significativas na cultura do trigo ou milho safrinha. Neste contexto, o cultivo intercalar apresenta-se como uma estratégia interessante para reduzir riscos produtivos, uma vez que possibilita a semeadura mais tardia do trigo e, ao mesmo tempo, antecipa a semeadura e colheita da soja, propiciando uma estratégia de escape de danos por geada e menor pressão de pragas e doenças na cultura da soja, reduzindo assim o uso de defensivos. Ainda, esse ganho de tempo no sistema pode permitir o cultivo de uma terceira cultura de grãos, viabilizando a sucessão trigo-soja-milho safrinha, no mesmo ano agrícola (FAGANELLO et al., 2013).

Apesar dos benefícios que o trigo entrega ao sistema, como opção de rotação de culturas, quebra do ciclo de pragas e doenças e da sua importância na alimentação humana, devido aos seus diversos usos, a cultura tem perdido espaço à sucessão soja-milho safrinha. Muitos produtores têm optado por retirar o trigo do sistema, uma vez que este impossibilita a semeadura antecipada da soja (2ª quinzena de setembro) e, automaticamente, o cultivo do milho safrinha dentro do zoneamento indicado (milho safrinha: 20 de fevereiro) (MAPA, 2021).

Para que não ocorra o choque de épocas e seja possibilitada a implantação de três safras em um mesmo ano, duas culturas precisam coexistir em um mesmo espaço, por um período de tempo. No caso do trigo e da soja, esse período é de aproximadamente 30 a 50 dias (10 de setembro a 30 de outubro), sendo o cultivo intercalar entre essas culturas, uma ferramenta que possibilitaria essa coexistência. No entanto, a resposta do trigo em diferentes

arranjos de linhas e espaçamentos de entre linhas, bem como o potencial de produção da soja em função da adoção do sistema precisa ser melhor compreendido a nível regional, bem como a nível de Brasil.

O cultivo intercalar da soja em meio ao trigo pode trazer como benefícios o maior rendimento de grãos por área, maior eficiência no uso da terra, maior retorno de capital investido, melhor dimensionamento de máquinas agrícolas, diluição de custos fixos, menor risco produtivo (diluição de risco por três culturas), rotação de culturas, introdução de sistemas diversificados de raízes e palhadas, a proteção do solo e manutenção da matéria orgânica e da biota, menores problemas com plantas daninhas, além de maior segurança ao produtor, possibilitando plantio de culturas dentro do zoneamento agrícola e com isso acessando seguros agrícolas (CUNHA et al., 2011; MAPA, 2021; PIRES, 2013).

Wallace et al. (1992) concluíram que o crescimento e desenvolvimento das plantas de trigo e soja foi semelhante entre o sistema intercalar e cultivo solteiro, não havendo efeitos prejudiciais do consórcio nos componentes de rendimento finais. Os autores salientam que, em situações em que o período de sobreposição é relativamente curto, os efeitos negativos do consórcio intercalar podem não resultar em reduções de rendimento de grãos.

Nesse contexto, para entender a viabilidade de uso do cultivo intercalar, é essencial avaliar a influência que as culturas exercem uma sobre a outra. Com diferentes espaçamentos entrelinhas de trigo, tem-se diferentes níveis de competição (espaço, luz, água e nutrientes), o que poderá afetar o rendimento de grãos de trigo, ou o desenvolvimento inicial da soja, e consequentemente sua produção. Ganhos em termos de antecipação da semeadura do milho de segunda safra, pós soja cultivado como cultura antecessora, podem compensar até certo ponto perdas de produtividade do trigo (OLIGINI, 2019).

Também, se faz necessário avaliar diferentes épocas de semeadura da soja em consórcio, visto que para diferentes épocas de semeadura a mesma cultivar de soja apresenta diferentes arquiteturas e potenciais produtivos, bem como propiciará diferentes épocas de semeadura da terceira safra, com milho, o qual sofre grande influência em desenvolvimento e produtividade devido à época de semeadura. Ainda, para as duas culturas (soja e milho) é interessante o cultivo antecipado, como forma de escape para as condições adversas de climas e de doenças, fatores estes que refletem diretamente na produtividade (CUNHA et al., 2019). Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a viabilidade técnica e econômica do cultivo intercalar trigo-soja e a viabilidade do cultivo de milho safrinha no mesmo ano agrícola.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMA DE PRODUÇÃO DE TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum* (L.)), pertencente ao gênero *Triticum* e à família *Poaceae*, é a terceira maior cultura em produção no mundo, devido à sua grande utilização em produtos destinados à alimentação humana, na forma de pães, massas, biscoitos e também na composição de rações para a alimentação animal (SCHEEREN; CASTRO; CAIERÃO, 2015; SCHEUER et al., 2011).

A produção nacional de trigo, na safra 2020, foi de 6,23 milhões de toneladas e uma área de cultivo de 2,34 milhões de hectares, perfazendo uma média produtiva de 2.663 kg ha⁻¹. O Estado do Paraná representa um dos estados de maior capacidade produtiva para o cereal, com produção de, aproximadamente, 3,0 milhões de toneladas produzidas (CONAB, 2021).

Mesmo com essa grande capacidade produtiva, o Brasil necessita importar trigo para suprir sua demanda. Na safra de 2020, foi importado 6,8 milhões de toneladas, o que representa 51,27% da demanda trigo do país, indicando o grande potencial de mercado para esta cultura (CONAB, 2021).

Para alcançar um alto potencial produtivo de trigo, alguns fatores devem ser observados, como interações de fatores abióticos, sendo estes o clima (chuva, geada), soma térmica, luz, pH, umidade, solo e bióticos, organismos, pragas e doenças, abrangendo também, o manejo empregado na cultura durante e depois da colheita (EMBRAPA, 2014).

A cultura do trigo se difere da maioria das culturas produtoras de grãos, nas condições climáticas, em que, no início do ciclo, exige baixas temperaturas, enquanto que na floração e desenvolvimento dos grãos se adapta melhor sob baixos percentuais de umidade do ar e temperatura ambiente mais altas, com o objetivo de diminuir o ataque de patógenos e preservar a qualidade dos grãos (CUNHA et al., 2018). Além das altas temperaturas, o trigo é estimulado a florescer em dias longos, logo, semeadura no cedo (março, abril) tende a resultar em plantas com menor ciclo, menor perfilhamento e área foliar, e conseqüentemente, menor potencial produtivo (INMET, 2009).

Segundo Scheeren, Castro, Caierão (2015), os estádios de desenvolvimento do trigo são, por ordem cronológica: plântula, afilhamento, alongamento, emborrachamento, espigamento, florescimento, grão em estado leitoso, grão em massa, grão em maturação fisiológica e grão maduro.

O trigo é cultivado no período de inverno (região sul do Brasil), e além de uma fonte de renda, auxilia na rotação de culturas, produzindo palhada para cobertura e proteção do solo contra erosão, melhorando a ciclagem de nutrientes, auxiliando na conservação da estrutura do solo, e no controle de plantas daninhas, também, facilitando a condução da safra de verão em sequência, e reduzindo seus custos (COLLE, 1998).

Contudo, nota-se que agricultores estão reduzindo investimentos para o cultivo de trigo, devido aos múltiplos riscos da cultura (geadas, granizo, ventos fortes, períodos de estiagem e chuvas nas colheitas) e a baixa rentabilidade ao triticultor. Essa situação mostra a necessidade de cautela, análise do aporte de insumos utilizado no cultivo, e a necessidade da adoção de práticas tecnológicas, visando reduzir custos e ser mais eficaz na produção de grãos (PROVENZI et al., 2012; CONAB, 2021).

A disponibilidade de novas pesquisas e cultivares, advindas do melhoramento genético, tem aumentado a produtividade de trigo, porém, essa tecnologia traz novos desafios. Nos últimos anos, tem-se utilizado muitas cultivares de ciclo superprecoces, sem os devidos cuidados, com vistas a antecipar o cultivo da safra de soja. Essa adaptação a campo, por vezes fora do zoneamento indicado, vem aumentando os riscos de produção, visto que cultivares de menor ciclo são mais sensíveis aos efeitos climáticos adversos, causando perda de qualidade, rentabilidade e manutenção do sistema produtivo (BIOTRIGO, 2020; CIVIERO, 2010; EMBRAPA, 2018).

Existem, também, muitas áreas com altitudes maiores que 800 metros no sul do Brasil, que tornam o ambiente ainda mais desafiador para o cultivo do trigo, devido à ocorrência mais frequente de geadas, sendo o cultivo intervalar trigo-soja uma alternativa, inclusive para estes locais.

Outro entrave à cultura do trigo, em regiões que se possibilita a condução de uma segunda safra (safrinha em janeiro), como é o caso do Sudoeste do Paraná, tem sido a adoção de cultivares superprecoces de soja, que permitem semear a cultura em setembro e outubro, ameaçando o cultivo e a colheita do trigo, que geralmente é feita nessa época. Porém, pesquisas apontam que é economicamente viável incluir o trigo na safra de inverno, na maioria das regiões, principalmente nos estados sul-brasileiros, devido à ótima produtividade, retorno econômico, e aos demais benéficos que traz ao sistema produtivo, tornando-o mais sustentável e eficiente no uso dos recursos naturais (CUNHA et al., 2011; BRUM; MÜLLER, 2008).

No sentido de amenizar estes problemas e viabilizar o trigo no sistema de produção, estratégias de cultivo intercalar e adoção de melhores tecnologias precisam ser feitas, como a escolha de cultivares, arranjos de espaçamentos e uso de novas tecnologias, de forma que possa manter a rotação trigo-soja, uma opção viável ao produtor (CUNHA et al., 2018).

2.2 SISTEMA DE PRODUÇÃO DE SOJA

Na safra 2019/2020, o Brasil alcançou a liderança de maior produtor de soja do mundo, com produção de 120,4 milhões de toneladas e área plantada de 36,84 milhões de hectares. Nessa mesma safra, o estado do Paraná ocupou o 2º lugar no ranking brasileiro de maiores produtores do grão, com 20.66 milhões de toneladas, colocando a região sul em evidência na participação no mercado da oleaginosa (CONAB, 2020).

No Paraná, a soja é cultivada, em sua grande maioria, na época da safra de verão, sendo permitido o início do cultivo a partir de 10 de setembro (plantas emergidas), período definido pelo zoneamento agrícola da região, variando conforme textura do solo, e também em menor escala, cultivada na época da segunda safra (safrinha), desde que se colha a soja até o dia 10 de junho, respeitando o período de vazio sanitário, medida esta tomada por cada estado para mitigar o aparecimento da doença mais severa da soja, a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) (MAPA, 2021).

Para o enquadramento de cultivares de soja a este zoneamento agrícola, o melhoramento genético vem unindo esforços para produzir novas cultivares com diferentes grupos de maturação (GM), para que possam se adaptar a cultivos mais precoces. Esses grupos apresentam variação de acordo com a latitude, e sua classificação se dá por uma numeração de 0 (mais próximo dos polos) a 10 (maior proximidade com o Equador, mais ao norte do Brasil) (ALLIPRANDINI et al., 2009).

Em cada região há uma variação de dias, no Paraná, são classificadas como: superprecoces (até 110 dias para a maturidade fisiológica), precoces (até 115 dias); semiprecoces (116-125 dias); médios (126-137 dias) e semitardios (138-145 dias). O desenvolvimento de cultivares mais precoces contribuiu para o planejamento de safra dos produtores rurais, permitindo a antecipação da colheita da soja (EMBRAPA-CNPSO, 2018).

O ambiente influencia na floração da planta, logo, no seu ciclo. A soja é uma planta de dia curto, ou seja, sua floração responde a horas do período noturno; se exposta a dias longos a planta atrasa seu florescimento, e alonga seu ciclo. O porte das plantas varia de

acordo com a cultivar e sua interação com as condições ambientais. Cultivares precoces antecipam o florescimento, conseqüentemente, reduzem o ciclo e o porte das plantas. A altura ideal é aproximadamente de 60 a 110 cm, baseada na facilidade da colheita mecânica, e a menor incidência de acamamento (NEPOMUCENO; FARIAS; NEUMAIER, 2018).

De modo geral, sementeiras realizadas fora da época de recomendação para cada região, tendem a reduzir o porte e a produtividade das plantas; por isso, é de extrema importância seguir as tabelas de recomendação para cada cultivar. Estudos mostram que as condições ideais para a sementeira apresentam maior possibilidade de ocorrência dentro de um período análogo, para a maioria das regiões produtoras, de outubro a dezembro, época em que há ocorrência de temperatura e umidade favoráveis para o sucesso da fase de germinação até a plena formação dos grãos (EMBRAPA-CNPSO, 2013).

Sementeiras a partir do início de setembro estão sendo mais exploradas em algumas regiões do país, principalmente no centro-norte de Mato Grosso, sul de Goiás e em parte do Oeste e Sudoeste do Paraná, devido às condições favoráveis de temperatura e umidade a partir da segunda quinzena de setembro. Porém, cultivares superprecoces sementeiras na primeira quinzena de setembro, tendem ao baixo porte, recomendando-se a utilização de cultivares de crescimento indeterminado, por apresentarem maior altura de plantas nessa época. Em relação ao ciclo, sementeiras anteriores a novembro tendem a alongar o ciclo e posteriores tendem a encurtá-lo (EMBRAPA-CNPSO, 2013).

Tem se o adiantamento da sementeira da soja como prática a fim de liberar a área para a cultura subsequente, principalmente milho safrinha. Segundo Garcia et al. (2018), dentre as várias vantagens da sementeira precoce da soja (setembro), está a proteção da cultura da soja às principais doenças e pragas, reduzindo o risco de infestações com a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), lagarta-falsa-medideira (*Chrysodeixis includens*) e percevejo marrom (*Euschistus heros*); pela estratégia de escape das épocas de maiores ocorrências dessas pragas.

2.3 SISTEMA DE PRODUÇÃO INTERCALAR TRIGO-SOJA

A vantagem técnica e econômica da sucessão trigo-soja é muito utilizada nos estados sul-brasileiros, como forma de melhor utilizar e proteger o solo no período do inverno, gerando renda com a produção de trigo. Contudo, mudanças no sistema de produção, envolvendo adoção de cultivares superprecoces de soja e, conseqüentemente, a sua

antecipação de épocas de semeadura, tem causado dúvidas em relação a esta sucessão, principalmente quanto à realização ou não o cultivo do trigo no inverno (EMBRAPA, 2014).

O ciclo do trigo coincide com a semeadura tardia (final de outubro a novembro) das cultivares precoces de soja, resultando em maior pressão de pragas e doenças na cultura da soja e na impossibilidade da implantação da cultura do milho safrinha dentro do mês de janeiro (PIRES et al., 2015).

Já, muito difundida e utilizada na região, o cultivo da safrinha tem se mostrado muito vantajoso ao sistema, e com capacidade de geração de renda por vezes maiores que a cultura do trigo, com menores riscos climáticos (CARDOSO et al., 2004). O cultivo de milho safrinha é regido pelo sistema de zoneamento agrícola de riscos climáticos (ZARC), e se respeitado, o agricultor conta com políticas de financiamento do custeio da lavoura e seguro para a proteção de safras (MAPA, 2021).

Para a implantação da cultura do milho safrinha no Paraná, o zoneamento até então indicado é de que se semeie até dia 30 de janeiro, período este que visa reduzir riscos com geadas, e demais eventos climáticos adversos no inverno. Para que seja possível fazer a semeadura do milho nessa época, pós soja, a mesma precisa ser de ciclo precoce (GM: 5.1 a 5.4) e semeada até o final de setembro, o que anteciparia a colheita, deixando a área livre para o cultivo do milho. Com isso, tem-se fomentado e buscado o uso de cultivares de ciclos cada vez mais curtos de soja e que possam ser semeadas no mês setembro, o que impossibilitaria a condução do sistema trigo-soja (SANS et al., 2016).

Alguns produtores têm adotado a sucessão trigo-soja, com posterior implantação do milho safrinha, ou seja, a implantação de três safras em mesmo ano agrícola. Para tal, utilizam cultivares de trigo superprecoces (110 a 115 dias) e sua semeadura antecipada, como para a soja, que possibilitam a antecipação de colheita, mas expõem as culturas a altos níveis de risco pelos fatores climáticos adversos. Ainda, o uso de cultivares superprecoces resulta em maior uso de fungicidas devido à maior pressão de doenças, condicionado à suscetibilidade destas cultivares frente às de ciclo precoce/tardio (LUDWIG et al., 2010).

Uma possibilidade para a viabilização da competitividade de culturas que disputam espaço e tempo na mesma estação de crescimento é o consórcio intercalar, que consiste em um arranjo de plantas da primeira cultura para a implantação posterior da segunda cultura em seu interior, antes de sua colheita. Estudos nesse contexto precisam ser avaliados, uma vez que viáveis, podem ajudar a viabilizar as duas culturas na região sul do Brasil, seja para regiões de menor ou maior altitude (700 a 1000 m) e regiões mais frias do sul do Brasil,

aonde o risco de geada além de inviabilizar o cultivo de uma terceira safra com o milho safrinha, dificulta o cultivo do próprio trigo como opção de rotação de cultura e renda ao produtor (PIRES et al., 2015).

Experimentos utilizando consórcio intercalar trigo-soja conduzidos pela Embrapa Trigo nas cidades de Coxilha e Vacaria (RS) e Guarapuava (PR), mostrou que em Coxilha a utilização de linhas duplas (17 x 34 cm) diminuiu o rendimento de grãos do trigo em 15,5% (797 kg ha⁻¹) em relação ao tratamento controle, entretanto, esse fato, não é resultado da competição com a soja semeada no estágio de florescimento ou no grão em massa mole do trigo, pois o rendimento de grãos no tratamento soja semeada após a colheita do trigo em linhas duplas não diferiu estatisticamente aos tratamentos com soja intercalar. Em Vacaria, a maior receita bruta foi obtida no tratamento trigo em linha dupla (17 x 34 cm) com soja semeada nas entrelinhas no estágio de florescimento do trigo, e não diferiu dos outros tratamentos que adotaram o consórcio intercalar. Em Guarapuava, o maior retorno foi obtido no trigo em linha dupla (17 x 34 cm) com soja semeada após a colheita de trigo, sem diferir do tratamento trigo em linha dupla (17 x 34 cm) com soja semeada nas entre linhas do trigo no estágio fenológico de florescimento, mostrando que linhas duplas de trigo com soja em sucessão, ou soja semeada no florescimento do trigo, foram as melhores opções, sem diferença entre as produtividades de ambas (PIRES et al., 2015).

Alguns cuidados são necessários para a implantação do sistema de cultivo intercalar, como o período de semeadura da soja consorciada, a qual deve ser baseada no estágio fisiológico do trigo, porém, respeitando a data do zoneamento de cultivo (KLINE et al., 2001).

A cultivar de soja escolhida deve apresentar boa tolerância ao sombreamento no início do ciclo, elevada capacidade de ramificação, e sistema radicular com bom desenvolvimento para suportar possíveis estresses do período de consórcio. Recomenda-se, também, uma cultivar de soja resistente ao herbicida glifosato, por sua capacidade de controlar o trigo voluntário e outras plantas daninhas emergentes, após a colheita deste último (KLINE et al., 2001).

Estudos conduzidos por Faganello et al. (2013) mostraram que a semeadura da soja no florescimento do trigo permitiu uma antecipação de sua implantação em 39 dias. Quando semeada nas entrelinhas do trigo em estágio de grão em massa mole, houve a antecipação da semeadura da soja em 21 dias. Além disso, com a análise dos resultados, se constatou que o rendimento médio do trigo em linhas duplas, embora não tenha apresentado diferença

significativa, foi 9% inferior à do trigo em linhas simples, indicando redução de rendimento devido ao arranjo executado para a realização do cultivo intercalar de soja. Porém, este resultado de rendimento do trigo foi compensado pelo maior rendimento de soja proporcionado pela antecipação de semeadura.

Apesar de a nível de mundo existir tecnologia e cultivo do consórcio intercalar em escala comercial, aonde as semeadoras e colhedoras passam por adaptações e são utilizadas no sistema, conforme vídeo disponíveis em (https://www.youtube.com/watch?v=ST_1WTWVpQ0) para o Brasil, a mecanização, apesar de um entrave a adoção do sistema, a só será um problema real se o sistema for agronomicamente e economicamente viável. Acredita-se que alguns ajustes em maquinários necessitam, como: modificação dos espaçamentos das entrelinhas da semeadora de soja e ajustes de bitola do trator, semeadora e colhedora, para não danificar o trigo e a soja; ajustes na plataforma e controle da altura da barra de corte na colheita mecanizada do trigo, possam ser adotados desde que o sistema seja viável afinal, vários vídeos estão disponíveis na plataforma youtube demonstrando que o cultivo intercalar é uma realidade já bastante difundida em países como os EUA, ou seja, existe logística de adaptação dos equipamentos agrícolas que permitem a adoção mecanizada do sistema (MAUCK, 2019).

Importante destacar, também, que já existe semeadora-adubadora sendo testadas no Brasil para a adoção do sistema “Antecipe” da Embrapa, o qual visa o cultivo intercalar soja-milho. Esta estrutura pode ser facilmente utilizada na adoção do sistema intercalar trigo-soja. Feitos estes ajustes, este sistema permite que sejam diluídos os riscos de produção e custos fixos (arrendamentos, custo do uso da terra, depreciação de máquinas e benfeitorias, etc) nas três culturas (EMBRAPA, 2020).

Como forma motivacional a pesquisa, sabe-se que o sistema de consórcio intercalar possibilita inúmeros benefícios, como, a utilização de cultivares de ciclo diferenciados, e que mais se adequem a área da propriedade, e sua fertilidade, bem como, propicia a semeadura de cada cultura na época mais indicada para cada cultivar, dentro do zoneamento agrícola e acessando assim financiamentos a juros baixos (Custeio), e seguro de produção (MAPA, 2021).

Também, a adoção do sistema pode reduzir o uso de herbicidas, pois não necessita realizar a dessecação da cultura do trigo para a antecipação da colheita, também, a palhada deixada pelo trigo nas entrelinhas da soja formam uma barreira física, que dificulta a emergência de plantas daninhas, principalmente as de difícil controle (ex: buva), visto que,

em pouco tempo a soja já fechará as entrelinhas e sombreará estas, impossibilitando a sua emergência (LAMEGO et al., 2013; MESCHEDÉ et al., 2007; PAULA et al., 2011).

A plantabilidade da soja é melhorada, devido a permitir ao agricultor maior período disponível para semeadura, podendo assim esperar para efetuar a operação no melhor momento climático, reduzindo riscos de semear a cultura da soja em épocas de estiagem. Também, reduzindo problemas no plantio pós trigo, como embuchamento de semeadoras, envelopamento de sementes de soja, resultando em falhas de emergência e estande.

Ainda nesse contexto, o sistema intercalar pode produzir maior quantidade de grãos e palha por área, sendo mais eficiente no uso de insumos (adubação de sistemas), na manutenção da biota do solo, no controle a erosão e na ciclagem de nutrientes. Pontos estes que devem ser estudados mais a fundo, e que, em conjunto, possam viabilizar esse sistema de cultivo, tornando-o mais eficaz, rentável, e sustentável, buscando a evolução e o aperfeiçoamento.

2.4 VIABILIDADE DO CULTIVO DE MILHO SAFRINHA EM SUCESSÃO A SOJA

A cultura do milho (*Zea mays* L.), ocupa a segunda posição em termos de importância no Brasil, tanto em valores, quanto em área cultivada, (PORTO et al., 2011).

O milho segunda safra cultivado pós soja, desde a safra de 2011/2012, tem ocupado a liderança tanto em áreas cultivadas, quanto em produção total em comparação ao milho safra. Para a segunda safra de 2020, a estimativa de produção foi de 75,9 milhões de toneladas, totalizando uma área cultivada de 13,8 milhões de hectares (CONAB, 2020).

A alta demanda pelos grãos de milho, são impulsionados pelos setores da avicultura e suinocultura, os quais consomem mais de 50% de toda a produção nacional de milho (ABIMILHO, 2018). É também, devido a esta elevada demanda e crescimento destes setores que se evoluiu a necessidade de área cultivada com milho. Junto a essa demanda, a possibilidade do cultivo em segunda safra com a cultura do milho safrinha, possibilitou ao produtor, uma maior produção de grãos por área, com potencial de ganhos econômicos (ALVES; AMARAL, 2011).

A cultura do milho, pertence ao grupo das gramíneas, com metabolismo C4, o que lhe confere, maior adaptabilidade as diversas condições climáticas (MAGALHAES et al., 2002).

Fator este, que propicia o cultivo em duas épocas, sendo safra (agosto a setembro) e safrinha (janeiro a fevereiro), este segundo cultivo, pós soja safra em grande parte das áreas (ALVES; AMARAL, 2011).

Diversos fatores tem levado a expansão da cultura do milho safrinha, como a pratica do sistema de plantio direto, o lançamento de cultivares de soja com menor ciclo (superpreoces) e bom potencial produtivo, a antecipação da semeadura da cultura da soja no verão, visando o escape da doença ferrugem asiática e maior pressão de percevejos, e o incremento de tecnologia para o desenvolvimento de novas cultivares de soja e milho safrinha a estas novas condições climáticas, com garantias de produção (TSUNECHIRO; GODOY, 2001).

Apesar deste cultivo de safrinha ter evoluído muito na região sudoeste do Paraná, e ocupar área expressiva da produção, o cultivo em segunda safra (safrinha), é de maior risco produtivo, devido às limitações impostas pelo ambiente neste período (PINOTTI et al., 2013).

As características climáticas de cada região, expressam diferentes características aos diferentes híbridos, e em consequência, podem aumentar ou reduzir os riscos produtivos. Dentre as limitações, o fator térmico, a deficiência hídrica, e o reduzido fotoperíodo, são as principais causas para a limitação do desenvolvimento do milho de segunda safra, visto que estes fatores controlam a duração do ciclo do milho e suas reações fisiológicas (DUARTE et al., 1995).

Sabendo-se das interações ambientais, a escolha do híbrido e também da época de semeadura devem levar em consideração as especificações de cada região, visando dessa forma, a redução de riscos produtivos e a expressão do máximo potencial produtivo, De maneira geral, na região sul do Brasil, cultivos de milho safrinha, realizados de forma antecipada, recebem maior radiação solar na fase de desenvolvimento de área foliar, devido ao maior comprimento do dia, fator este que pode trazer benefícios de produção, aliado também a menores riscos climáticos (SILVA; ARGENTA, 2000).

Para a implantação do milho safrinha de forma antecipada, a necessidade de readequar a cultura de verão, visando liberar a área com maior antecedência, mantendo o potencial produtivo do milho, e mitigando os riscos climáticos a qual este ficaria exposto se cultivado tardiamente, como, períodos de seca, chuvas na colheita, ventos fortes e geadas (CRUZ et al., 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O estudo foi conduzido, na Unidade de Ensino e Pesquisa de Culturas Anuais, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, pertencente à região sudoeste do Paraná.

A área está localizada nas coordenadas: latitude de 25°43'53" Sul e longitude de 53°03'55" Oeste, com altitude média de 530 metros (Figura 1). O experimento foi conduzido em sistema de plantio direto, durante as safras agrícolas 2019/2020 e 2020/2021. A cultura antecessora ao trigo foi uma mistura de milho + crotalária, semeada na última quinzena de fevereiro. O experimento foi realizado no mesmo local, nos dois anos de avaliação, exceto o cultivo do milho safrinha, que foi realizado pós soja safra em área ao lado do experimento.

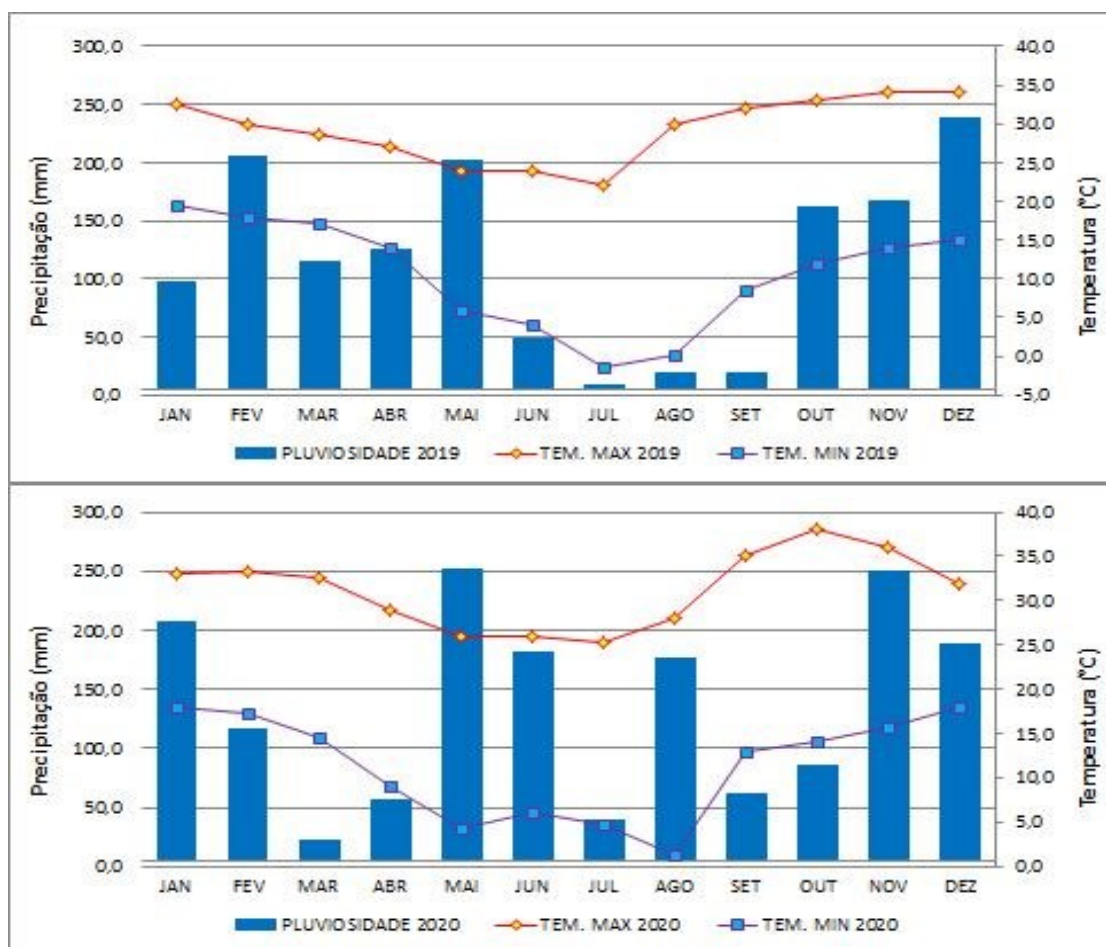
O clima da região, pela classificação de Köppen, é o Cfa (subtropical úmido) sem estação seca definida (ALVARES et al., 2013). A média de precipitação é de 2.044 mm anuais (POSSENTI et al., 2007). Os dados climáticos relativos ao período experimental foram coletados da estação agrometeorológica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, localizada próxima da Estação Experimental, cujas médias estão dispostas na Figura 2.

Figura 1 – Área experimental, UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.



Fonte: Google Maps (2021)

Figura 2 – Dados meteorológicos de temperatura máxima, mínima e precipitação, mensurados durante o período do experimento na safra 2019/2020 e 2020/2021. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.



Fonte: INMET e Grupo de Estudo em Bacias Hidrográficas (UTFPR-DV) (2021)

O solo do local aonde foi realizado o estudo é caracterizado como Latossolo Vermelho Distroférico (BHERING et al., 2008) com relevo suave e textura muito argilosa. Ao início do primeiro ano de cultivo do trigo, foi realizada a coleta de solo (0-20 cm) e feita sua análise química no Laboratório de Análise de Solos da UTFPR - Câmpus Pato Branco, obtendo aos seguintes resultados: MO: 32,9 mg dm⁻³, P: 27,7 mg dm⁻³, K: 0,38 cmol_c dm⁻³, CTC: 13,38 cmol_c dm⁻³, pH: 5,4 CaCl₂ e V de 73,5%.

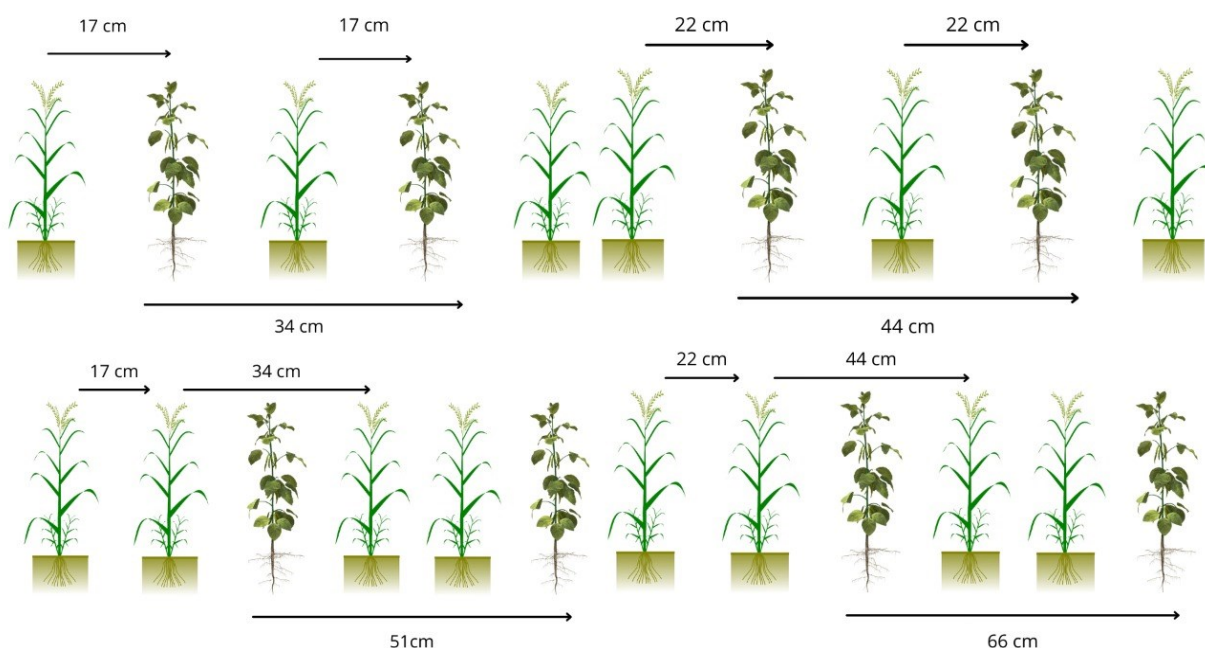
3.2 DELINEAMENTO E TRATAMENTOS

O experimento foi conduzido nas safras 2019/2020 e 2020/2021 utilizando diferentes delineamentos. No primeiro ano, utilizou-se delineamento de blocos ao acaso em sistema

fatorial 6 x 3 com 3 repetições, em que o fator A foi composto por 6 arranjos de entrelinhas de trigo, sendo eles, Trigo cultivado em linha simples de 17 cm (17S) e 22 cm (22S), Trigo em linhas duplas de 17 cm (17D) e 22 cm (22D), e Trigo em linhas alternadas de 17 cm (17A) e 22 cm (22A). O fator B foi composto por 2 épocas de semeadura da soja de forma intercalar em consórcio com trigo, sendo a 1^o época, quando o trigo estava em estágio fenológico de trigo em grãos leitosos e 2^o época em grãos em massa mole, e uma época controle, semeando-se soja após a colheita do trigo.

O cultivo de trigo em linhas alternadas, ou seja, semeado uma linha sim e outra não, com espaçamento nas entrelinhas de 17 e 22 cm, resultou em soja com espaçamento de 34 e 44 cm (Figura 3). A semeadura intercalar da soja danificou as plantas de trigo em função do espaçamento reduzido e por isso, na safra 2020/2021, estes dois tratamentos não foram utilizados. Logo, no segundo ano do experimento, optou-se por conduzir em esquema fatorial 4 x 3 retirando-se assim os espaçamentos de trigo em linhas alternadas de 17 cm e de 22 cm.

Figura 3 – Consórcio intercalar trigo-soja nos diferentes arranjos e espaçamento entrelinhas do trigo. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.



Fonte: O Autor (2021).

Para os dois anos de experimento foi cultivado trigo em linhas duplas de 17 cm (17 x 34 cm) e 22 cm (22 x 44 cm) (Figura 3), ou seja, a cada duas linhas de trigo foi deixado uma linha sem semeadura. Assim, no espaçamento de 17 cm, com linhas duplas, na linha que não

foi semeado trigo, foi realizada a semeadura da soja, resultando em um espaçamento entrelinhas para esta última de 51 cm. Para as linhas duplas de 22 cm, o espaçamento da soja foi de 66 cm.

Em ambas as safras agrícolas, 2019/2020 e 2020/2021, avaliou-se a soja pós colheita do trigo, como forma de tratamento controle, visto que é dessa maneira que se conduz essa sucessão a campo atualmente, no Brasil.

O delineamento de milho safrinha, conduziu-se em delineamento de blocos ao acaso com 3 épocas de semeadura e 4 repetições. Para cada época de colheita da soja, no mesmo dia, foi semeado o milho safrinha, simulando-se como esta operação ocorre a campo.

3.3 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A época de semeadura da sucessão trigo-soja-milho safrinha, diferiu para os dois anos, devido a efeitos climáticos para o momento das operações, porém, mantendo a lógica do trabalho e respeitando o zoneamento de cada cultura. Também, para a soja, no sistema intercalar, observou-se os estádios fenológicos do trigo para fazer a semeadura, sendo a 1ª época: trigo em grãos leitosos e 2ª época: trigo em grãos massa mole, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Cronograma das operações desenvolvidas para os dois anos safras 2019/2020 e 2020/2021. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.

Safr 2019/2020			
Trigo	Semeadura da Soja	Colheita da soja /Semeadura Milho Safrinha	Colheita do Milho Safrinha
Semeadura: 27/05/2019	1ª Época: 13/09/2019 2ª Época: 23/09/2019	1ª Época: 20/01/2020 2ª Época: 31/01/2020	1ª Época: 20/06/2020 2ª Época: 30/06/2020
Colheita: 14/10/2019	3ª Época: 14/10/2019	3ª Época: 14/02/2020	3ª Época: 30/07/2020
Safr 2020/2021			
Semeadura: 03/06/2020	1ª Época: 14/09/2020 2ª Época: 29/09/2020	1ª Época: 09/02/2021 2ª Época: 22/02/2021	*Não avaliado
Colheita: 23/10/2020	3ª Época: 23/10/2020	3ª Época: 01/03/2021	

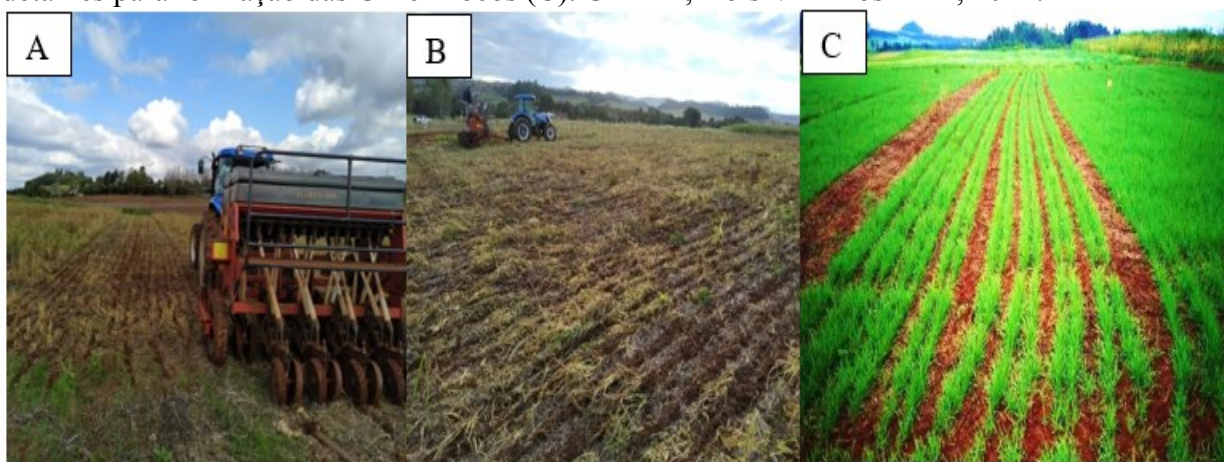
* Dados não apresentados em função da data limite para defesa

A 1ª e 2ª época de semeadura intercalar da soja foram realizadas nos dias 13/09/2019 e 14/09/2020 e 23/09/2019 e 29/09/2020, respectivamente. A terceira época se deu após a colheita do trigo (14/10/2019 e 23/10/2020). A diferença entre as datas ocorreu em função da variação sofrida nos fatores ambientais. Na 1ª safra, as condições de seca anteciparam o ciclo do trigo e da soja, o que não ocorreu no 2º ano, resultando em colheitas mais tardias.

3.3.1 Implantação do trigo nas safras 2019/2020 e 2020/2021

A semeadura do trigo foi realizada com o auxílio de uma semeadora-adubadora de arrasto, constituída por 11 linhas simples (17 cm) e acoplada a um trator New Holland® TL75 (Figuras 4A e 4B). A formação da Unidade Experimental (UE) foi de 2 passadas com a semeadora, por 15 m de comprimento para cada época, constituindo assim 56 m² por UE, e com espaçamento entre blocos de 2 metros (Figura 4C).

Figura 4 – Semeadura de trigo com trator e semeadora (A e B), emergência do trigo com detalhes para formação das UE e Blocos (C). UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.



Fonte: O Autor (2021).

A semeadura foi realizada com 150 kg de sementes por hectare para todos os tratamentos, objetivando uma mesma densidade de sementes m⁻² (400 sementes) e conforme indicado para cultivar Sinuelo (BIOTRIGO GENÉTICA, 2019), portanto, tendo variação no número de sementes por metro linear, devido aos diferentes arranjos: 17 cm simples: 68 sementes; 17 cm alternadas: 136 sementes; 17 cm dupla: 102 sementes; 22 cm simples: 88 sementes; 22 cm alternadas: 176 sementes; 22 cm dupla: 132 sementes.

Foi utilizada a cultivar de trigo Sinuelo, de ciclo médio-tardio, o qual é indicado para a região Sudoeste do Paraná, com porte médio-baixo, para não acamar sobre a soja posteriormente. A cultivar Sinuelo é moderadamente resistente a maioria das doenças acometidas ao trigo, apresenta alto potencial produtivo e indicado para aberturas de plantio (plantio mais cedo, como foi no experimento). A recomendação de taxa de semeadura tem como meta obter uma população final de 300 a 330 plantas m² (BIOTRIGO GENÉTICA, 2019).

A adubação foi realizada seguindo as recomendações técnicas para a cultura e de acordo com a análise do solo. Utilizou-se 312 kg ha⁻¹ do formulado 05-20-10 na base e 67 kg de N ha⁻¹ na forma de ureia aplicada em cobertura no perfilhamento. Mesmo nos arranjos de linhas duplas e alternadas, foi mantida a mesma quantidade de adubação calculada por área. Não foram retiradas as linhas de semeadura da semeadora, apenas, fechado o compartimento individual de saída de semente.

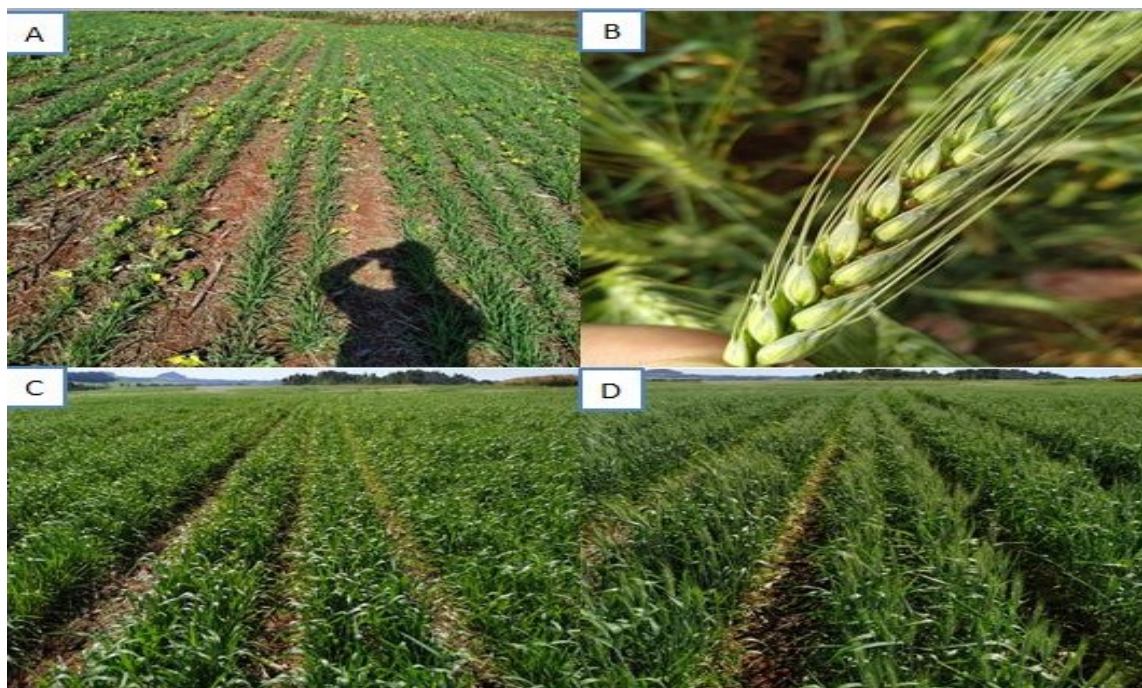
3.3.2 Manejo fitossanitário do trigo nas safras 2019/2020 e 2020/2021

Em relação a controle de plantas daninhas foi observado a presença de *Lolium multiflorum* e *Raphanus raphanistrum* como principais espécies incidentes na área. Para controle foi aplicado 100 g ha⁻¹ do herbicida iodosulfurom-metilico (Hussar[®]), visando manter a área limpa, para não ter competição, mais 7 gramas ha⁻¹ do herbicida metsulfurom metilico (Ally[®]), (Figura 5 A).

Foram realizadas aplicações de inseticidas e fungicidas de acordo com o nível de infestação de pragas e doenças (EMBRAPA, 2000). Para o controle de insetos praga, principalmente pulgão (Figura 5 B), foi realizada aplicação de 45 mL ha⁻¹ de ENGEO PLENO[™] S (tiametoxam + lambda-cialotrina) no perfilhamento e espigamento, para os dois anos de cultivo.

Para controle de doenças, foram feitas duas aplicações, sendo a primeira no alongamento (Figura 5 C), e segunda no florescimento (Figura 5 D), de 350 mL ha⁻¹ do fungicida APROACH[®] PRIMA (picoxistrobina+ ciproconazol).

Figura 5 – Controle de plantas daninhas (A), Pulgão (B), Alongamento (C), Florescimento (D). UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.



Fonte: O Autor (2021).

3.3.3 Implantação da soja nas safras 2019/2020 e 2020/2021

A cultivar de soja utilizada foi BMX 55i57 IPRO[®] (Zeus) de grupo de maturação (GM) 5.5. Optou-se por trabalhar com uma cultivar de ciclo intermediário, uma vez que cultivares de ciclo mais precoce podem até apresentar colheita antecipada, mas tendem a sofrer mais com as baixas temperaturas de setembro e fotoperíodo mais curto. Da mesma forma, cultivares de ciclo mais longo demorariam muito para chegar ao ponto de colheita. Logo, utilizou-se um material com grupo de maturação 5,5, que é algo intermediário uma vez que se utiliza principalmente materiais de grupo de maturação entre 5 e 6 na região do estudo. Materiais mais precoces de soja poderiam antecipar a colheita e semeadura do milho safrinha, no entanto, teriam o potencial produtivo comprometido, principalmente nas semeaduras de setembro. Conforme observação pessoal, a cultivar Zeus apresenta ciclo médio com alto potencial produtivo, e com boa adaptação para a semeadura na região Sudoeste do Paraná.

A taxa de semeadura foi ajustada para os espaçamentos visando obter um estande final de 330.000 plantas ha⁻¹, (11,22, 14,52, 16,83 e 21,78 plantas por metro linear, para o espaçamento de 34, 44, 51 e 66 cm, respectivamente (Figura 6). Utilizou-se para adubação, 400 kg ha⁻¹ da fórmula de N, P₂O₅, K₂O (05-25-12), aplicado a lanço em cobertura pós-semeadura da soja.

Figura 6 – Cultivo intercalar trigo-soja (A, B e C). Estádios fenológicos do trigo (D), semeadora de parcelas manual (E). UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.



Fonte: O Autor (2021).

3.3.4 Manejo fitossanitário da soja nas safras 2019/2020 e 2020/2021

Para controle das plantas daninhas utilizou-se 2 L ha^{-1} do herbicida Roundup Ready® Original (glifosato) em 150 litros de calda por hectare aplicados no estágio fenológico V4 da soja. A ressemeadura pela semente do trigo foi a principal planta daninha. Plantas isoladas de buva foram arrancadas de forma manual.

O manejo de pragas e doenças foi realizado de acordo com as recomendações da Embrapa (2000). Realizou-se três aplicações de fungicidas, tanto em primeiro ano, quanto no segundo ano de cultivo, ambas de forma preventiva. A 1ª aplicação ocorreu em R1, utilizando-se $0,4 \text{ L ha}^{-1}$ de FOX® (trifloxistrobina + proclorazoxolol), quatorze dias depois, em R4, foi aplicado 250 g ha^{-1} ELATUS® (azoxistrobina + benzovindiflupir) + 2 kg ha^{-1} Mancozeb® (mancozebe) e a 3ª aplicação com os mesmos produtos da segunda em estágio R5.4. Para controle de percevejos, foram realizadas três aplicações do inseticida Galil® (imidacloprido + bifentrina) na dose de 350 ml ha^{-1} , a primeira em R4 e as demais em R5.1 e R5.4. Dessecou-se o soja, quando este estava em estágio R7 (plena maturação), utilizando 2 L ha^{-1} de Reglone (diquat).

Para todas as aplicações, observou-se a melhor condição climática (início da manhã, sem orvalho, ou final da tarde), sem ocorrência de ventos fortes. Utilizou-se pulverizador de barras acoplado ao trator, e calibrado para um volume de calda de 180 L ha⁻¹.

3.3.5 Implantação do milho na safra 2019/2020

A condução do milho safrinha (híbrido P3380HR) foi realizada apenas na safra 2019/2020, sendo a semeadura realizada no mesmo dia após a colheita da soja safra nos dias 20 e 31 de janeiro e 14 de fevereiro de 2020. O milho foi semeado em uma área ao lado do trabalho da sucessão soja-trigo com intuito de manter os dois anos da sucessão soja-trigo com as mesmas condições de campo. Nesse contexto, destaca-se que o milho foi cultivado em uma área com mesma fertilidade, em delineamento de blocos ao acaso, com 4 repetições.

A semeadura do milho ocorreu no espaçamento de 45 cm nas entrelinhas com uma densidade de semeadura de 70.000 sementes ha⁻¹. A adubação do milho constituiu em 300 Kg ha⁻¹ da fórmula de N, P₂O₅, K₂O (02-18-18) aplicado no sulco da semeadura e 100 Kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia aplicada em cobertura, quando as plantas se encontravam nos estágios de V3 para V4, para atender a expectativa de produção de 8.000 kg ha⁻¹.

3.3.6 Manejo fitossanitário do milho na safrinha 2019/2020

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado no estágio V₂ a V₃ do milho (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993.), com ingrediente ativo atrazina na dosagem, de 5 L p. c. ha⁻¹ (Herbitrin® 500 BR), (2.500 g i. a ha⁻¹), para aumentar a proteção da área sem infestação de daninhas, isso por conta de seu maior tempo residual e controlar a soja guaxa, respeitando o vazio sanitário para cultura. O controle de pragas foi realizado em média aos 5 dias após a emergência das plântulas de milho, com ênfase no controle na fase inicial da cultura considerando o ataque de insetos do grupo hemíptera (percevejos), utilizando inseticidas sistêmicos com ingredientes ativos imidacloprido e beta-ciflutrina com dosagens de 0,75 L p. c. ha⁻¹. A aplicação de fungicidas seguiu-se com a aplicação dos ingredientes ativos picoxistrobina e ciproconazol, na dose de 0,4 L p. c. ha⁻¹, quando o milho estava no estágio V8. Observando as mesmas condições de aplicação e volume de calda, realizados para a cultura do trigo e soja.

3.4 COLHEITAS, COMPONENTES DE RENDIMENTO

3.4.1 Colheita, componentes de rendimento e produtividade do trigo

As amostragens para determinação dos componentes de rendimento foram realizadas no mesmo dia da colheita do trigo, que ocorreu nos dias 14/10/2019 e 23/10/2020, respectivamente para o 1º e 2º ano de avaliação.

Inicialmente fez-se a contagem do número de espigas em um metro linear em cada parcela, o qual foi na sequência extrapolado para número de espigas por m². Foram coletadas 10 espigas ao acaso por parcela, para avaliar os seguintes componentes de rendimento: com auxílio de régua mediu-se o comprimento de espiga (somente no 1º ano – expressa em cm); contou-se o número de espiguetas por espiga; fez-se a debulha manual das espigas e contou-se o número de grãos por espiga; dividindo-se o número de grãos por espiga pelo número de espiguetas por espiga, chegou-se ao número de grãos por espiguetas conforme apresentado na Figura 7.

Para a determinação da massa de mil grãos (MMG), foram contados 100 grãos por quatro vezes, pesando-se em balança semi-analítica, (Figuras 7A e 7B), posteriormente, extrapolando para 1000 grãos. No segundo ano, aferiu-se também a Massa de Hectolitro (PH), utilizando-se balança de massa hectolitro (Figuras 7C), e tabela de equivalência de acordo com a RAS (BRASIL, 2009).

Para determinação da umidade dos grãos, foi utilizado medidor eletrônico (Figura 7D), a qual permitiu corrigir as variáveis a 13% de umidade, conforme a seguinte fórmula:

$$PC = [(100 - UC) \times P] / (100 - UR) \quad (1)$$

Onde:

PC = Peso de grãos corrigido

UC = Umidade no momento da pesagem

P = Peso de grãos da amostra

UR = Umidade requerida (13%)

Figura 7 – Balança semi-analitica (A), Amostras para MMG (B), Balança de Hectolitro (C), Medidor eletrônico de umidade (D). UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.



Fonte: O Autor (2021).

Para determinação da produtividade foram coletadas 4 linhas de 4 metros da parte central de cada UE, seguindo o mesmo padrão de coleta para o segundo ano, porém, sem o trigo em linhas alternadas (Figura 8). Em seguida, as amostras foram trilhadas com auxílio de uma trilhadora mecânica (Figura 8 C), e pesadas em balança de precisão, corrigindo-se a umidade para 13%, na sequência, extrapolando-se os valores para kg de grãos por hectare.

Figura 8 – Colheita manual de trigo (A), Amostras para avaliação dos componentes de rendimento (B), Trilhadora mecânica (C). UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.



Fonte: O autor (2021)

3.4.2 Colheita, Componentes de rendimento e produtividade da Soja

Para o primeiro ano, as colheitas se seguiram nos dias 20/01/2020, 31/01/2020 e 14/02/2020, respectivamente para a 1ª, 2ª e 3ª época de semeadura da soja. No 2º ano, as colheitas aconteceram nas datas 09/02/2021, 22/02/2021 e 01/03/2021, segundo as respectivas

diferentes épocas de semeadura da soja. Previamente, foi realizada a contagem de plantas por m² em cada UE, e extrapolado para hectare para cada espaçamento a fim de estimar a população.

Foram selecionadas ao acaso, 10 plantas por UE, para determinação dos componentes: altura das plantas e inserção de primeira vagem, medidas com auxílio de trena, iniciando-se da base do solo. Para o número de vagens por planta e número de grãos por vagem (Figura 9 A, D, E), foram contabilizadas as vagens e os grãos de cada planta, fazendo-se a média aritmética dos valores por UE.

Para estimar a produtividade, colheu-se 4 metros lineares de plantas por UE (Figura 9 B), as quais foram trilhadas em trilhadora mecânica (Figura 9 C), e pesadas com auxílio de balança semi-analítica. Utilizou-se a amostragem já pesada, e fez-se a determinação da umidade dos grãos, utilizando medidor eletrônico (Figura 9 F), o qual permitiu corrigir as variáveis a 13% de umidade, utilizando-se a mesma fórmula utilizada para determinação da produtividade do trigo. Após, realizou-se os cálculos (adição, para amostras menores que 13% de umidade, ou subtração, para amostras com mais de 13% de umidade), obtendo o real peso da amostra em quilogramas na área amostral, valores estes que foram extrapolados para Kg ha⁻¹, obtendo-se assim a produtividade por hectare.

Figura 9 – Colheita manual (A), Parcela colhida da UE (B), Trilha da Amostra (C), Mensuração da Altura de Plantas (D), Contagem de vagens e grãos (E) Medidor eletrônico de umidade (F). UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.



Fonte: O autor (2021)

3.4.3 Colheita, Componentes de rendimento e produtividade do milho safrinha

Quando o milho apresentou umidade de 24%, as parcelas foram colhidas, e os componentes de rendimento e a produtividade determinada. Posteriormente, a partir de uma amostra de 10 espigas colhidas ao acaso por UE, foram determinados: Número de fileiras por espiga (NFE): Foram contabilizados o número de fileiras de grãos em cada espiga, utilizando a média aritmética obtida entre as mesmas. Número de grãos por fileira (NGF): Obtido pela contagem do número de grãos presentes em uma das fileiras da espiga. Resultado final obtido pela média aritmética dos valores. Número de grão por espiga (NGE): Determinado pelo cálculo de multiplicação de número de fileiras por espiga (NFE) e número de grãos por fileira (NGF).

Para a determinação da massa de mil grãos (MMG), foram contados 100 grãos por quatro vezes por parcela, realizando a pesagem e correção de umidade para 13%, conforme fórmula anterior utilizada para soja, posteriormente, extrapolando para 1000 grãos.

Para a definição do rendimento de grãos de milho (kg ha^{-1}), colheu-se de forma manual, às espigas de duas linhas centrais de 5 metros lineares em dois pontos de cada parcela para obtenção da média. Após a colheita, as espigas foram submetidas à trilhadora estacionária, modelo BC – 80 III, acoplada ao trator, seguido pela pesagem das amostras em balança de precisão. Os dados de produtividade foram corrigidos pelo método de estufa, para 13% de umidade, utilizando-se da mesma formula conforme descrito para a cultura do trigo e soja, posteriormente extrapolados para hectare.

3.5 ANÁLISE ECONÔMICA

O potencial produtivo de uso do consórcio intercalar Trigo-soja, bem como o potencial de cultivo do milho safrinha em sequência, além dos benefícios ao sistema de cultivo torna-se ainda mais interessante quando respaldado pela análise econômica do sistema. Logicamente, para se viabilizar o sistema precisa ser economicamente viável, trazendo maior rentabilidade ao produtor rural, com maior produção de grãos e lucratividade por área, e dessa forma, tornando o sistema intercalar, possível de ser aplicado nas regiões produtoras de trigo do Brasil.

Para a análise econômica, utilizou-se dados da produção de cada cultura das UE (extrapolados por hectare) de forma isolada, sua rentabilidade pela venda do grão,

descontando todos os custos produtivos do sistema, inerentes a cada cultura. O cálculo é feito multiplicando-se as produções obtidas (kg por hectare), pelos valores médios de comercialização (saca de 60 kg) das espécies, obtidos pelo relatório da Conab, utilizados para cada ano agrícola, visto que estes valores sofrem com a influência do mercado e por isso podem ter grande oscilação.

Os valores de custos de produção, para ficar mais esclarecido e de forma fidedigna ao que foi realizado, optou-se por separar em dois grupos. O primeiro grupo está representado pelos custos para cada produto utilizado em cada cultura e para cada ano agrícola, visto que, os mesmos sofrem forte influência e oscilação das questões mercadológicas e difere em cada região, utilizou-se a média de preços de produtos de 3 empresas da região (Lavoura/AS, Coopavel e Coasul), para cada cultura e para cada ano, conforme anexo 1, 3 e 5.

O segundo grupo, consistiu nos custos operacionais, realizados para cada cultura, denominados, Custo Operacional Total – C.O.T, porém, sendo feitos de forma sintetizada, apenas para as diferenças entre os sistemas de produção padrão e sobre consórcio intercalar.

Estes custos operacionais, foram adquiridos de cotações de prestadores de serviços da região, visto que, podem sofrer alteração conforme o preço do grão, e ser variável a cada região, implemento utilizado, localização, por isso, optou-se por separar cada operação e chegou-se a valores médios para cada, já contendo nestes, custos como depreciação de maquinários, combustíveis, manutenção, e mão de obra, valores estes que são compatíveis com valores calculados em forma separada por Oligini (2019).

Os custos de cada operação estão separados por culturas e por ano de cultivo, devido à grande oscilação no preço dos grãos, no ano de 2020, pelo efeito da Pandemia do Corona vírus, notou-se alteração nos valores cobrados, conforme anexos 2, 4 e 6.

Para os valores de comercialização dos grãos, que compõe a receita, utilizou-se como base o relatório da Conab (2019 e 2020), como os valores sofrem diversas oscilações, variando conforme cada região ou empresa, também se utilizou dos valores de comercialização de grãos de três empresas da região, sendo, os valores médios comercializados nos momentos das colheitas.

Para calcular o lucro por hectare, considerou-se o valor obtido na receita obtida pela comercialização de grãos de cada cultura, menos o custo total, que apresenta o custo operacional total, somado aos custos de insumos para cada cultura e para cada ano agrícola.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Depois de efetuado a coleta dos dados, para os dois anos, de trigo, soja e para milho safrinha na safra 2019/2020, os mesmos foram tabulados e submetidos à análise de variância (ANOVA).

Utilizou-se análise complementar pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$) aos tratamentos com interações significativas entre os fatores, e posterior desdobramento das variáveis em separado, e para os que não houve, realizou-se análise de comparação de médias.

Aplicou-se também a análise de contraste (Tukey: $p \leq 0,05$) para os dados da soja em ambos os anos, seguindo os desdobramentos necessários com auxílio do programa estatístico Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2008). Para análise econômica, fez-se análise descritiva.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. INFLUÊNCIA DOS FATORES CLIMÁTICOS PARA O TRIGO

O clima é considerado como um dos fatores mais importantes na determinação do sucesso produtivo de trigo e soja. A adaptabilidade do trigo vem da sua agilidade de percepção das mudanças no ambiente, acelerando ou retardando o seu desenvolvimento conforme as condições climáticas. Os principais fatores de influência na cultura são a temperatura e o fotoperíodo aonde temperaturas altas e dias longos aceleram a passagem dos estádios fenológicos. A temperatura ótima está na faixa de 18-24°C, temperaturas superiores a 30°C, proporcionam perdas significativas no rendimento e qualidade de grãos (RIBEIRO et al., 2012).

Segundo Brunetta, Dotto e Tavares, (2001) avaliando decênios de trigo de 25 anos na região de Londrina, observaram que são necessários aproximadamente 320 mm de pluviosidade durante o ciclo do trigo e que a boa distribuição de chuvas no período vegetativo e reprodutivo, influência mais que a quantidade total de precipitação, para que não haja perdas advindas do fator umidade.

O trigo em primeiro ano de cultivo, apresentou boa germinação, porém o baixo volume pluviométrico ao longo do ciclo (200 mm), causou um forte stress hídrico, fator este, somado as altas temperaturas nos primeiros 60 dias da cultura (Figura 2), influenciaram no estabelecimento, perfilhamento, fase inicial de desenvolvimento, também, influenciando posteriormente na fase de floração e enchimento de grãos da cultura, afetado assim os componentes de rendimento (Figura 10).

Os espaçamentos em linhas duplas e alternadas foram mais afetados pela estiagem, devido ao maior espaçamento entre as linhas, que permitiu maior incidência de radiação solar e aeração, e conseqüentemente maiores perdas de água pela planta, deixando-a mais debilitada e com isso aumentando a incidência de Oídio (*Blumeria graminis f. sp. Tritici*), e conseqüentemente a morte precoce das folhas do baixeiro (Figura 10).

Figura 10 – Efeitos do stress hídrico ao longo de todo ciclo do trigo da safra 2019, para os diferentes arranjos de espaçamento. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.



Fonte: O Autor (2021).

Para o segundo ano de cultivo de trigo (safra 2020), atrasou-se a semeadura em função do clima adverso, porém, após semeadura, diferentemente do primeiro ano, não houve estresse hídrico, com volume pluviométrico de 400 mm, ao longo do ciclo, que apresentou bom estabelecimento e desenvolvimento vegetativo de forma normal.

Na fase reprodutiva, houve incidência de fortes chuvas, as quais coincidiram sobre a floração do trigo. Também ocorreu um evento de geada no dia 20 de agosto, porém sem causar danos ao trigo em função da época de semeadura e cultivar utilizada. No entanto, muitas parcelas que já haviam entrado em fase de antese e enchimento de grãos, tiveram perdas produtivas, em decorrência da chuva sobre a floração.

A colheita do trigo no 1º ano ocorreu aos 140 dias após a semeadura do trigo (14/10/2019), (133 dias de ciclo, da emergência a colheita), em virtude do clima mais seco que ocorreu durante a safra. Já, para o 2º ano, mesmo sendo semeado sete dias após, (03/06/2020), levou-se 142 dias, período da semeadura a colheita (23/10/2020) (135 dias de emergência a colheita).

Segundo Siqueira et al. (2001) a principal causa da diminuição do rendimento de grãos das culturas é o encurtamento do ciclo, em cenários com aumentos de temperatura. Segundo Okuyama (2013), ocorre aumento da respiração e consequentemente, redução do ciclo, área foliar, estatura de plantas, número de grãos por espiga, peso e qualidade de grãos.

O fator climático é um dos fatores que mais afetam o potencial produtivo, pois condições adversas de clima afetam de forma negativa a definição dos componentes de rendimento, resultando em perdas em produtividade.

4.2. INFLUÊNCIA DOS FATORES CLIMÁTICOS PARA A SOJA

Na soja, de forma similar ao trigo, os fatores temperatura, fotoperíodo e disponibilidade hídrica influenciam diretamente o potencial produtivo. A cultura se adapta melhor em regiões com temperaturas entre 20 e 30°C, sendo em torno de 30°C o ideal para seu desenvolvimento. Temperaturas abaixo ou iguais a 10°C não são recomendadas para a cultura, pois o desenvolvimento vegetativo é insignificante ou cessado. Médias acima de 40°C também exercem má influência nos componentes de rendimento, prejudicando a floração e causando retenção de vagens. Este fator é agravado quando aliado a falta de chuva em fases críticas. Para altos rendimentos, a cultura exige entre 650 a 700 mm bem distribuídos durante seu ciclo. A disponibilidade de água é importante principalmente na fase de germinação-emergência e floração-enchimento de grãos (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Outro fator que deve ser observado para a boa implantação da cultura da soja em cultivo intercalar é a altura das plantas de trigo, sua arquitetura e potencial de perfilhamento, e acamamento, estes fatores serão importantes para que a soja se desenvolva inicialmente, principalmente pela competição entre espaços e luz solar.

Para a instalação da soja para os dois anos de cultivo intercalar no trigo, observou-se dificuldades para emergência e implantação das diferentes épocas, devido a condição de baixa precipitação nos períodos de implantação da soja, especialmente em setembro (Figura 2). Ainda, a semeadura com semeadora manual apresentou dificuldade de enterrar a semente, deixando mais susceptível ao stress hídrico.

Observa-se na Figura 11, a emergência da soja em meio as linhas de trigo, e a competição momentânea por luz. A altura de corte/colheita do trigo, de 15 cm acima do nível do solo, sem atingir a soja, evitando danos iniciais, e o rápido desenvolvimento após a colheita do trigo.

Figura 11 – Soja recém emergida sob efeito de sombreamento do trigo (A); Desenvolvimento da soja em meio ao trigo (B); Estádio da soja na colheita do trigo (C); Rápido desenvolvimento pós colheita do trigo (D e E). UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.



Fonte: O Autor (2021)

Semeaduras em anos mais secos e de clima mais adverso, podem comprometer o estabelecimento e emergência das sementes, o que resulta em aumento de plantas duplas e/ou falhas, comprometendo a população e distribuição das plantas. A escolha do cultivar e a qualidade de sementes e seu tratamento são fatores de extrema importância a serem considerados para a implantação, porém, a disponibilidade hídrica contínua sendo o fator mais limitante. Vale destacar que no sistema intercalar, o produtor ganha tempo no sistema e tem uma maior flexibilidade para fazer a semeadura em uma melhor condição de umidade.

Com o rápido crescimento e desenvolvimento da soja após a colheita do trigo, a cultura tende a fechar as entrelinhas mais rapidamente e a palhada de trigo evita a emergência de plantas daninhas de difícil controle, o que acarreta em menores gastos com herbicidas e perdas de produtividade por competição inicial.

Este fator de rápido crescimento da soja após a colheita do trigo é explicado pela marcha de absorção de nutrientes da soja, que tem seu ápice aos 40 dias após o plantio (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2016). Existe também influência do clima nesse período, da

quantidade de palhada produzida pelo trigo e da altura de corte do trigo, o qual nota-se na Figura 12, que se cortado muito acima, como ocorre com as parcelas de primeira época (para não atingir o soja), os colmos restantes do trigo podem danificar as folhas da soja, e também podem formar uma barreira, impedindo que as folhas e ramificações da soja fechem a linha com maior rapidez, por outro lado, tornam mais eficiente as aplicações de herbicidas, fungicidas e inseticidas, e esse efeito dos colmos de trigo permanece até estágio R1, aproximadamente.

Figura 12 – Desenvolvimento vegetativo soja intercalar (A); Efeito dos colmos de trigo no fechamento de linha da soja (B e C); plantas segundo épocas de semeadura (D); Vagens da 1^o e 3^o época de semeadura (E); Vagens das três épocas de semeadura (F). UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.



Fonte: O Autor (2020)

Também é possível observar nas Figuras 12D, 12E e 12F), as diferenças entre as duas épocas de semeadura intercalar e a 3^a época com semeadura da soja após a colheita do trigo, em relação ao porte, arquitetura, inserção de vagens, potencial de ramificação, diferenciação de tamanhos de trifólios, fatores estes que influenciam diretamente na capacidade fotossintética da planta, na manutenção de aplicações fitossanitárias, visando controle de pragas e doenças, e manutenção de sanidade das plantas, e conseqüentemente na produtividade, ao avaliar os componentes de rendimentos.

4.3 COMPONENTES DE RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE DO TRIGO

4.3.1 Safra 2019/2020

Para as variáveis, comprimento de espiga, número de espiguetas, número de grãos por espiga e MMG não houve interação significativa entre os fatores arranjo entrelinhas e épocas de semeadura intercalar da soja, tampouco diferença estatística individual entre os tratamentos (Tabela 2). O comprimento médio de espiga foi de 7,04 cm. Já para número de espiguetas a média ficou em 13,67, número de grãos por espiga de 34,51 grãos e por fim para MMG a média ficou em 31,94 gramas.

Por outro lado, para o número de espigas por m² e produtividade (kg ha⁻¹) foi observada diferença significativa para o fator arranjos entrelinhas (Tabela 2). O maior número de espigas por metro foi obtido no tratamento controle com linha simples e espaçamento de 17 cm entre linhas (17S). Isso ocorreu, pois, o número de plantas por metro linear foi menor nesse tratamento, resultando em menor competição intraespecífica entre as plantas, o que em um ano com déficit hídrico, pode representar maior abortamento de perfilhos, nos tratamentos com maior número de plantas por metro linear, ocasionando uma vantagem no arranjo de 17S, seguidos pelo tratamento de 22S e 17D.

Os tratamentos 22D e 22A proporcionaram apenas 60,4 e 43,6% do total de espigas apresentadas pelo tratamento controle 17S, resultado da maior competição entre plantas na linha e do déficit hídrico ao longo da fase de alongação do trigo, que resultou no abortamento dos perfilhos, e conseqüentemente, baixo número de espigas por metro quadrado. O número de espigas por metro quadrado é um dos principais componentes de rendimento e sua redução tem efeito direto sobre a produtividade de grãos do trigo.

Para a produtividade, o melhor tratamento também foi o controle (17S) sendo 31,15% superior ao outro tratamento controle (22S). Possivelmente uma melhor distribuição das plantas na área tenha resultado em maior eficiência do aparato fotossintético e conseqüentemente maior potencial produtivo (Tabela 2).

Os tratamentos 17A e 22A produziram, respectivamente 46,6 e 43,4% do total produzido pelo tratamento controle 17S e apesar de apresentarem produtividade similar entre si, diferiram dos demais tratamentos, apresentando a menor produtividade, que ficou abaixo da média apresentada na safra 2018 no Paraná, que foi de 2.582 kg ha⁻¹ (CONAB, 2019),

concluindo que foram os piores tratamentos. Em função desta resposta, estes tratamentos não foram avaliados na safra 2020/2021.

Por outro lado, os tratamentos 17D e 22D produziram, respectivamente 70 e 61% do total produzido pelo tratamento controle (trigo semeado a 17 cm de entrelinha). Ainda, na sequência estes tratamentos precisam ser avaliados considerando o potencial de produtividade da soja, no entanto, considerando somente o arranjo do trigo para o sistema intercalar com soja, o arranjo de 17D, apesar de não diferir do 22D, representa um espaçamento menor para a soja (51 cm), o que pode otimizar a produtividade da mesma.

A diferença produtiva de 1.239 kg por hectare entre o tratamento controle (17S) e o cultivo em linha dupla (17D), precisa ser analisada além do ponto de vista do trigo de forma singular, e sim dentro do todo, considerando também a produtividade da soja e milho safrinha. Conforme mencionado anteriormente, a possibilidade de atraso na semeadura do trigo quando sob cultivo intercalar, além de permitir a expressão de maior potencial produtivo em função de que baixas temperaturas além de estimular o perfilhamento, alongam esta fase vegetativa, o que permite a cultura expressar um maior número de espiguetas por espiga e consequentemente maior produtividade final, permite também praticamente eliminar os riscos produtivos associados a danos por geada. Tudo isso, permitindo ganhar tempo no sistema produtivo, uma vez que a soja é cultivada na época ideal para seu desenvolvimento.

Tabela 2 – Dados médios dos componentes de rendimento do trigo, referente aos diferentes arranjos de linhas e épocas de semeadura da soja em cultivo intercalar na safra 2019/2020. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.

Tratamentos	Comprimento de Espiga (cm)	Número de Espiguetas	Número de Grãos por Espiga	Número de Espigas m ⁻²	**MMG (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
17 S	6,84 a	13,14	32,06 a	518,74 a	32,18 a	4.051,47 a
17 D	7,11 a	13,41	34,93 a	358,46 bc	31,75 a	2.812,63 bc
17 A	7,06 a	14,01	33,02 a	267,86 de	32,32 a	1.889,70 d
22 S	7,04 a	13,72	35,57 a	426,76 b	31,96 a	3.089,33 b
22 D	7,2 a	13,84	35,51 a	313,43 cd	32,38 a	2.457,49 c
22 A	7,0 a	13,93	35,97 a	226,49 e	31,05 a	1.759,94 d
DMS	0,67	0,89	4,2	78,11	1,34	488,48
Época de semeadura da soja (EP) – Safra 2019						
13/09/2019	6,84 a	13,22	33,94 a	352,01 a	31,83 a	2.600,78 a
23/09/2019	7,13 a	13,94	34,26 a	356,31 a	31,97 a	2.706,98 a
14/10/2019	7,15 a	13,85	35,33 a	347,55 a	32,02 a	2.722,51 a
DMS	0,39	0,51	2,41	44,85	0,77	280,46
Valor de P (P<0,05)						
Bloco	0,8689	0,4147	0,6682	0,9459	0,4340	0,6295
Arranjo de Linhas (AL)	0,7125 ^{ns}	0,0435 ^{ns}	0,0524 ^{ns}	0,0000*	0,0515 ^{ns}	0,0000*
Época (EP)	0,1064 ^{ns}	0,0026 ^{ns}	0,3485 ^{ns}	0,8924 ^{ns}	0,8152 ^{ns}	0,5180 ^{ns}
AL X EP	0,5670 ^{ns}	0,0416*	0,2430 ^{ns}	0,3909 ^{ns}	0,9515 ^{ns}	0,7737 ^{ns}
CV (%)	6,74	4,57	8,57	15,60	2,96	12,82
Média	7,04	13,67	34,51	351,96	31,94	2.676,76

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

**MMG: Massa de mil grãos. *TC-Tratamento controle. 17S – espaçamento de 17 cm em linha simples. 17D – espaçamento de 17 cm em linhas duplas. 17A – espaçamento de 17 cm em linhas alternadas.

Fonte: O Autor (2020).

A época de semeadura intercalar da soja no trigo não apresentou interferência em nenhum dos componentes de rendimento, tampouco na produtividade final do trigo. Nos estádios finais de desenvolvimento do trigo, boa parte do enchimento de grãos ocorre em função da remobilização de nutrientes dos tecidos para a espiga. Ainda, a soja na fase inicial de desenvolvimento, utiliza as reservas da semente, não comprometendo assim a produtividade do trigo. Períodos maiores de convivência poderiam ser testados em função desta resposta, especialmente em situações para o trigo semeado de forma mais tardia pós milho safrinha. Ou seja, a ideia de aumentar o período de convivência soja-trigo se faz pensando em atrasar a época de semeadura do trigo e não via antecipação da época de semeadura da soja, visto que semeaduras da soja na primeira quinzena de setembro tendem a resultar em menores potenciais produtivos

Para o número de espiguetas por espiga, houve interação significativa entre arranjos e épocas de semeadura intercalar da soja (Tabela 3).

Tabela 3 – Número de espiguetas em função dos arranjos entrelinhas e épocas de cultivo intercalar da soja no trigo na safra 2019/20. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.

Arranjo de Linhas	Número de espiguetas		
	Épocas de semeadura da soja		
	13/09/2019	23/09/2019	14/10/2019
17S	12,26 Bb	13,86 Ab	13,30 Aab
17D	12,73 ABb	13,50 Aab	14,00 Aa
17A	13,73 ABa	13,80 Aa	14,50 Aa
22S	14,16 Aa	13,96 Aa	13,03 Aa
22D	13,36 ABa	14,30 Aa	13,86 Aa
22A	13,09 ABb	14,25 Aab	14,45 Ab

Médias seguidas por mesma letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro (Teste F, $p < 0,05$).

Um maior número de espigas por metro quadrado tende a resultar em espigas menores, devido a competição intraespecífica. Este fator explica o menor número de espiguetas do tratamento 17S, quando semeado na primeira época (13/09/2019) em relação aos demais tratamentos. Nas demais épocas não houve diferenças entre as épocas de semeadura do trigo.

Ainda, o número de espiguetas é um componente de rendimento definido entre o estágio fenológico de duplo anel (início do perfilhamento) e o primeiro nó perceptível (fim do período de perfilhamento). Nesse sentido, é difícil explicar um efeito da época de semeadura da soja sobre as diferenças neste componente de rendimento, podendo este ser um resultado influenciado pelo número de espigas por metro quadrado.

4.3.2 Safra 2020/2021

Também não houve interação significativa entre os fatores arranjo entrelinhas e épocas de semeadura intercalar da soja, tampouco diferenças estatísticas individuais entre os tratamentos para as variáveis, número de espiguetas, número de grãos por espiguetas, MMG e Peso Hectolitro (PH). O número de espiguetas teve média de 15,50, número de grãos por espiguetas de 2,46 grãos, a MMG ficou com média em 30,76 gramas, e o pH com média final de 82,29.

Observou-se diferenças estatísticas individuais para as variáveis número de grãos por espiga, diferença está observada para os arranjos entrelinhas e sem diferenças estatísticas para as épocas de semeadura intercalar da soja. Já, para a variável número de espigas por m^2 , apesar de não ter havido interação entre os arranjos e épocas, esta variável diferiu individualmente entre os arranjos e entre as épocas de semeadura (Tabela 4).

A melhor média para número de grãos por espiga ocorreu no tratamento controle (22S) (Tabela 4), o qual não diferiu dos tratamentos 17S e 22D, diferindo-se apenas o tratamento 17D, o qual apresentou 86,33% do total de grãos por espiga do tratamento 22S. Este aumento do número de grãos por espiga pode ser um mecanismo de plasticidade em função do menor número de espigas por metro quadrado.

Para a variável número de espigas por m^2 , assim como no primeiro ano, o melhor tratamento também foi o controle (17 S), diferindo dos demais arranjos de linhas, sendo 20,9% superior ao 22S e 86,5% superior que o arranjo 17D (Tabela 4). Considerando a distribuição das plantas na área, o tratamento 17S é o que permite o melhor arranjo entre plantas, o que automaticamente se traduz em menor competição e maior potencial de expressar um maior número de espigas por metro quadrado. Mesmo com a mesma taxa de semeadura (150 kg ha^{-1}), o aumento da taxa de semeadura de 68 sementes m^{-1} no tratamento 17S para 132 sementes m^{-1} no tratamento 22D, não consegue otimizar os componentes de rendimento, uma vez que a competição intraespecífica é maior. Estes dados podem ser um indicativo que em cultivos intercalares, não é viável aumentar a taxa de semeadura na linha, o que pode representar uma redução de custos em sementes.

Tabela 4 – Dados médios dos componentes de rendimento do trigo, referente aos diferentes arranjos de linhas e épocas de cultivo intercalar da soja na safra 2020/2021. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.

Tratamentos	Número de Espiguetas	Número de Grãos por Espiga	Número de Espigas m ²	Massa de Mil Grãos (MMG) (g)	Produtividade (Kg ha ⁻¹)	Nº Grãos por espiguetas	pH
17 S	15,37 a	37,59 ab	498,69 a	30,44 a	3497,63	2,45 a	81,94 a
17 D	14,77 a	35,33 b	267,32 c	30,31 a	2267,25	2,39 a	82,33 a
22 S	15,77 a	40,92 a	412,48 b	31,18 a	2889,30	2,59 a	82,44 a
22 D	16,07 a	38,62 ab	248,47 c	31,08 a	1886,87	2,40 a	82,44 a
DMS	1,32	3,91	44,03	1,31	186,48	0,27	0,79
Época de semeadura da soja (EP) – Safra 2020							
14/09/2020	15,47 a	41,41 a	354,56 ab	30,71 a	2334,03	2,67 a	82,62 a
29/09/2020	15,41 a	36,44 a	341,82 b	30,96 a	2627,69	2,37 a	81,66 a
13/10/2020	15,61 a	36,50 a	373,83 a	30,59 a	2944,07	2,33 a	82,58 a
DMS	1,06	6,17	22,48	0,88	219,65	0,41	1,22
Valor de P (P<0,05)							
Bloco	0,3688	0,8915	0,0783	0,6156	0,8660	0,7903	0,5838
Arranjo de Linhas (AL)	0,0660 ^{ns}	0,0067*	0,0000*	0,1763 ^{ns}	0,0000*	0,1604 ^{ns}	0,2716 ^{ns}
Época (EP)	0,8086 ^{ns}	0,0726 ^{ns}	0,0177*	0,3940 ^{ns}	0,0015*	0,0784 ^{ns}	0,0823 ^{ns}
AL X EP	0,7344 ^{ns}	0,0601 ^{ns}	0,0602 ^{ns}	0,5153 ^{ns}	0,0140*	0,3353 ^{ns}	0,6697 ^{ns}
CV 1 (%)	4,73	11,14	4,330	1,97	5,73	11,69	1,02
CV 2 (%)	6,43	7,7	9,260	3,2	5,31	8,25	0,73
Média	15,5	38,12	356,742	30,76	2635,27	2,461	82,291

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

*MMG: Massa de mil grãos. *TC-Tratamento controle. 17S – espaçamento de 17 cm em linha simples. 17D – espaçamento de 17 cm em linhas duplas.

Fonte: O Autor (2021).

Foi possível observar também o dano em algumas plantas em função do processo de semeadura intercalar da soja realizado com a semeadora manual de parcelas, em função da condição de solo seco e largura do depósito de sementes o que resultou em menor número de espigas por metro quadrado, avaliação esta realizada no momento da colheita do trigo, pós semeadura intercalar da soja. Esta justificativa é também válida para a diferença no número de espigas por m² em função das épocas de semeadura intercalar da soja no trigo. Isso porque este componente de produtividade é definido até a fase de antese, momento este anterior a semeadura intercalar da soja, ou seja, infere-se que não há um efeito direto da época de semeadura da soja sobre este componente de rendimento e sim um efeito indireto de dano mecânico no processo de semeadura.

No 2º ano de avaliação, como as condições de clima foram melhores, o trigo apresentou maior altura de plantas, o que associado a um maior número de plantas por linha, resultou visualmente em problemas de acamamento, resultando automaticamente em maiores níveis de danos as plantas no momento da semeadura intercalar da soja, o que explica a diferença de 358 para 267 e 313 para 248 espigas por metro quadrado, respectivamente para o tratamento 17D e 22D na 1º e 2º ano de avaliação.

Vale salientar que mesmo com estas dificuldades, que são inerentes ao próprio sistema, já existem tecnologia operacional disponível a campo capaz de superar estas limitações. De qualquer forma, é importante identificar estas limitações para posteriormente se propor ajustes no estabelecimento e condução desse sistema de forma a torná-lo viável.

Nota-se também que, muitas variáveis tiveram influência da diferença de arranjos espaciais do trigo, das diferenças entre populações por linhas, porém, poucas são as variáveis afetadas pela introdução da soja em meio ao trigo, possivelmente explicado pelo curto período de convivência e as diferenças nos estádios fenológicos das espécies.

Para o segundo ano de avaliação, houve interação entre os fatores arranjo entre linhas e épocas de semeadura intercalar da soja para a variável produtividade do trigo (Tabela 5). Como o número de espigas por metro quadrado tem alta correlação com a produtividade de grãos do trigo, automaticamente esta variável foi afetada.

Tabela 5 – Interação entre os fatores arranjos entre linha e épocas de semeadura intercalar da soja para a produtividade do trigo na safra 2020/2021. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.

Produtividade de grãos (Kg ha ⁻¹)			
Épocas de semeadura da soja			
Arranjo de Linhas	14/09/2020	29/09/2020	13/10/2020
17S	3025,65 Ac	3550,34 Ab	3907,93 Aa
17D	2144,296 Cb	2073,69 Cb	2583,79 Ca
22S	2648,69 Bb	2859,09 Bb	3160,15 Ba
22D	1517,54 Db	2018,67 Ca	2124,42 Da

Médias seguidas por mesma letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro (Teste F, $p < 0,05$).

Comparando a produtividade entre os arranjos entrelinhas dentro da mesma época, é possível observar que o tratamento controle (17S) apresentou maior produtividade por área, diferindo inclusive do tratamento controle 22S. O trigo no tratamento 17D (espaçamento da soja de 51 cm) também se mostrou mais produtivo para a 1ª e 3ª época de semeadura da soja em relação ao tratamento 22D (Espaçamento da soja de 66 cm), mostrando-se ser o arranjo com maior potencial de uso para o sistema intercalar.

Comparando a produtividade entre as épocas de semeadura intercalar da soja dentro do mesmo arranjo, percebe-se de forma geral que quanto mais tarde a semeadura da soja, maior a produtividade do trigo. Diferentemente do 1º ano, que não apresentou interação, no segundo ano, as condições climáticas foram melhores, o que permitiu ao trigo crescer e se desenvolver melhor, até acamar. A falta de uma semeadora adaptada para o sistema, resultou em danos nos colmos do trigo. Quanto antes a semeadura intercalar da soja no trigo associado a um melhor desenvolvimento do trigo, mais precoce o acamamento das plantas nestes tratamentos, resultando em menor produtividade. Aos tratamentos 17S e 22S, onde não foi semeado soja, a diferença entre as épocas se deu devido aos danos causados pelo acamamento.

De forma similar ao 1º ano de avaliação, os dados do 2º ano demonstram que o tratamento 17D se destaca em relação aos demais tratamentos, produzindo 65% (média das três épocas) da produtividade obtida no tratamento controle 17S.

4.4 COMPONENTES DE RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA

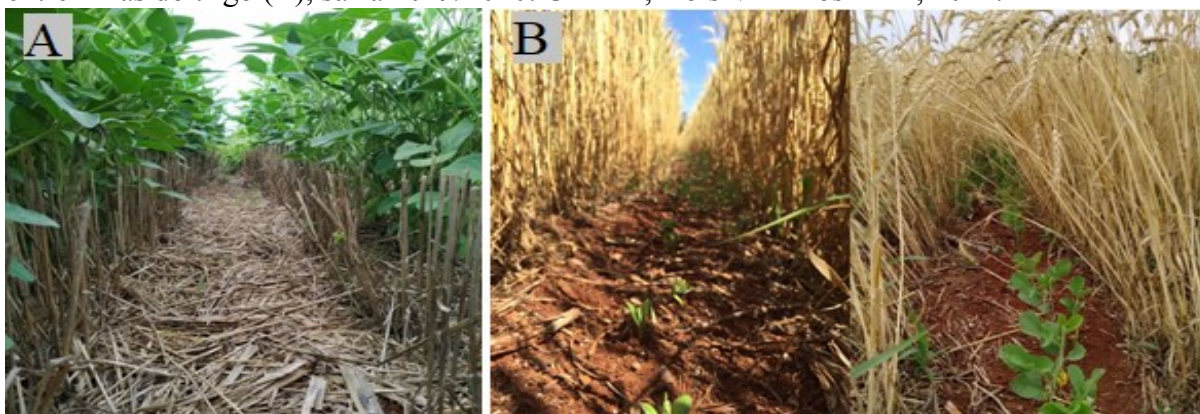
4.4.1 Safra 2019/2020

Analisando as condições climáticas, é possível observar na Figura 02, que em ambos os anos, a falta de chuva no mês de setembro afetou a germinação e estabelecimento da cultura da soja, o que acarretou em diminuição no estande final de plantas na 1ª época de semeadura. As temperaturas máximas e mínimas se mostraram regulares durante o ciclo da cultura da soja.

Acredita-se, que o trigo não exerceu influência negativa no desenvolvimento inicial da soja, levando em consideração o curto período de convivências entre as espécies e o fato da soja apresentar desenvolvimento normal, sem sintomas de estiolamento. Wallace et al. (1992), evidenciaram que, como o período de sobreposição entre as culturas de trigo e soja, é relativamente curto, efeitos prejudiciais do consórcio intercalar no desenvolvimento inicial da soja não resultam em reduções de produtividade, comparado ao tratamento controle. A colheita do trigo foi realizada de forma manual, portanto não se avaliou possíveis danos da colheita mecanizada na soja.

Quanto à aplicação de fertilizantes a lanço na soja, Chen et al. (2015) reportaram produtividade similar as áreas sem adubação e destacaram a importância da adubação residual do trigo para soja. Isso demonstra a importância de se adubar a cultura de inverno, visando a ciclagem de nutrientes e a utilização pela cultura subsequente (Figura 13).

Figura 13 – Alta concentração de biomassa deixada pelo trigo (A), Soja emergida nas entrelinhas do trigo (B), safra 2019/2020. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.



Fonte: O Autor (2021)

Para os componentes de rendimento da soja, com exceção da produtividade, pode se observar que não houve interação significativa entre espaçamentos versus épocas de semeadura para as demais variáveis. (Tabela 6).

Tabela 6 – Dados médios dos componentes de rendimento de soja em cultivo intercalar na safra 2019/2020. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.

Tratamentos	Altura (cm)	Inserção de 1º Vagem (cm)	Nº Vagens/planta (NV)	Nº Grãos/Planta (NG)	Massa de Mil Grãos (MMG) (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Arranjo de Linhas (AL)						
17 A	34 cm	57,86 a	5,86 b	55,80 b	129,43 a	201,55 b
22 A	44 cm	57,66 a	7,66 a	67,00 a	149,53 a	217,50 a
17 D	51 cm	57,66 a	8,46 a	54,60 b	125,16 a	219,50 a
22 D	66 cm	50,10 b	7,23 ab	59,36 ab	135,06 a	221,83 a
DMS	6,83	1,77	10,78	27,71	11,91	341,19
Épocas de Semeadura (EP)						
13/09/2019	44,85 b	6,88 a	54,08 b	118,55 b	213,94 a	4429,32
23/09/2019	66,80 a	7,73 a	64,30 a	151,05 a	216,25 a	6014,36
DMS	3,56	0,92	5,62	14,45	6,21	177,97
Valor de P (P<0,05)						
AL	0,0120*	0,0062*	0,0202*	0,1033 ^{ns}	0,0008*	0,0000*
EP	0,0000*	0,0697 ^{ns}	0,0016*	0,0003*	0,4339 ^{ns}	0,0000*
Bloco	0,1058	0,0267	0,0991	0,1349	0,1999	0,7825
AL * EP	0,8046 ^{ns}	0,1835 ^{ns}	0,0671 ^{ns}	0,0960 ^{ns}	0,2157 ^{ns}	0,0000*
CV (%)	7,29	14,51	10,85	12,25	3,30	3,89
Media	55,82	7,30	59,19	134,80	215,09	5221,84

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade
17D e 22D – espaçamento de 17 e 22 cm em linhas duplas. 17A e 22A – espaçamento de 17 e 22 cm em linhas alternadas.

Fonte: O Autor (2020).

Avaliando-se a variável altura de plantas, nota-se diferenças significativas tanto para arranjo entrelinhas quanto para época de semeadura. Em relação à época, quanto mais tardia a semeadura, maior a altura final de plantas. Em relação aos espaçamentos, o arranjo que resultou no espaçamento da soja de 66 cm foi o que apresentou a menor altura final de plantas, diferindo dos demais espaçamentos. Resultados estes, explicados pelas observações a campo, de que plantas sob maior espaçamento nas entre linhas, formavam maiores ramificações laterais, ocupando esse espaço, tendo assim maior gasto de energia, e reduzindo o tamanho em altura.

Segundo Bexaira et al. (2018), a maior altura das plantas semeadas em final de setembro e/ou início de outubro em relação a semeadura de início de setembro ocorre devido ao aumento do fotoperíodo a partir do mês de outubro/novembro, que possibilita maior crescimento da planta por permitir um maior período da fase vegetativa, utilizando fotoassimilados produzidos pelas folhas para emissão de novas folhas e crescimento. Os autores ressaltam que para ter alta produtividade, em semeaduras antes e depois do período recomendado deve-se escolher cultivares que tenham maior juvenilidade.

Analisando a Tabela 6 de forma geral, pode-se notar que, apesar da altura ter sido maior na segunda época, e nos maiores espaçamentos, os demais componentes não apresentaram diferenças significativas, ou seja, a planta compensou a menor altura nos componentes NG, NV e MMG, devido ao seu alto potencial de ramificação em situações de maiores espaçamentos (Figura 14). Efeitos de compensação também encontrados por GARCIA (1992) e PELÚZIO et al. (2007) ao estudarem os componentes de rendimentos de soja, semeada em diferentes épocas.

Figura 14 – Diferença de altura de plantas de soja e de ramificação para as diferentes épocas de semeadura, safra 2019/2020. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.



Fonte: O Autor (2021)

Para a variável altura de inserção da 1ª vagem, a menor altura foi observada no arranjo entrelinha (17A x 34 cm), o qual não diferiu do arranjo 22D x 66 cm. Quanto as épocas de semeadura não houve diferenças significativa, com altura média de 7,30 cm. Para

este espaçamento, foi observado acréscimo nos valores para sementeiras realizadas mais tardiamente. De forma geral, todos os tratamentos apresentaram altura de inserção da primeira vagem abaixo de 10 cm, o que pode resultar em perdas na colheita mecanizada.

Em relação ao número de vagens por planta, a sementeira intercalar de 23/09/2019 foi superior a 13/09/2010 em 10,22 vagens por planta (18,89%), também, sendo maiores nos arranjos de 22A x 44 cm e 22D x 66 cm, as quais apresentaram maiores quantidades de entrenós viáveis. Este fator se deve a população de plantas por linha, estar dentro do recomendado para a cultivar, fazendo com que a mesma encurtasse os espaços de entrenós e emitisse mais entrenós viáveis, como ocorre para o arranjo 22A x 44 cm. Já para o arranjo de 22D x 66 cm, esse fator se deve a grande ramificação pelo maior espaço de entrelinhas, a qual propiciou maior número de vagens nos ramos laterais. Já, para os arranjos de 17A x 34 cm e 17D x 51 cm, houve um alongamento dos espaços internodais, e em consequência, perda de nós viáveis por planta.

Para a variável número de grãos por planta, nota-se que não houve diferença significativas entre os diferentes arranjos, mesmo que tenha tido diferenças em número de vagens, fator este que pode ser explicado pelo maior número médio de grãos por vagens, nos tratamentos 17A x 34 cm e 17D x 51 cm, os quais permitiram, mesmo tendo menor número de vagens, se igualarem em número de grãos totais por planta. Já, para as épocas, a sementeira em segunda época, se manteve superior a primeira em 32,5 grãos por planta (27,4%), fator este explicado pelas melhores condições climáticas (luz e umidade) que favoreceram o desenvolvimento da planta, a qual possibilitou manter maior número de grãos por planta.

Para massa de mil grãos (MMG), o arranjo 17A x 34 cm diferiu dos demais, apresentando o menor valor (201,55 g). Este resultado pode ser explicado pela redução do espaço de exposição à radiação solar, produzindo menos fotoassimilados por planta. Contudo, a MMG não diferiu estatisticamente para as duas épocas de sementeira intercalar, fator este que pode ser explicado pela menor quantidade de grãos por planta em primeira época, onde os fotoassimilados serão translocados para um menor número de grãos.

Para a variável produtividade da soja houve interação significativa entre os fatores de espaçamentos e épocas de sementeira intercalar, ao qual mesmo não apresentando diferenças para os componentes isolados, na somatória destes influenciou a produtividade final, que pode ser explicado devido ao estresse climático causado, afetando diferentemente cada arranjo de linhas, devido a diferença de plantas por linha existentes dentro de cada espaçamento. Resultados este corroborando com PEIXOTO et al. (2000), os quais afirmam que a soja é

responsiva com a variação nos espaçamentos entrelinhas, apresentando tendência a maiores rendimentos em menores espaçamentos, como pode-se observar na Tabela 7.

Tabela 7 – Interações observadas entre os diferentes arranjos e épocas de semeadura para a produtividade de Soja. 2019/2020. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.

Arranjos entrelinhas	Produtividade (Kg ha ⁻¹)	
	13/09/2019	23/09/2019
17A x 34 cm	4090,00 Bb	6696,59 Aa
22A x 44 cm	4875,92 Ab	6220,45 ABa
17D x 51 cm	4542,11 ABb	6029,42 Ba
22D x 66 cm	4209,26 Bb	5110,97 Ca

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A produtividade final é a soma dos componentes de rendimento, sendo que pequenas diferenças em cada variável, ao se expressada na soma dessas diferenças resulta em maior ou menor produtividade. A interação mostra que para cada época de semeadura intercalar houve um melhor espaçamento e vice-versa. De forma geral, semeadura em 23/09 apresentou maiores produtividades quando comparado a 13/09. Dentro da mesma época, para 13/09, as melhores produtividades são nos arranjos de 22A x 44cm e 17D x 51cm, porém, na segunda época, o melhor arranjo foi no sistema de linhas alternadas, (17A x 34 cm e 22A x 44 cm), estes tratamentos diferem, com menor produtividade da soja cultivada em 22D x 66 cm.

A média produtiva da soja em semeadura intercalar da 2^o época (23/09) ficou em 6.014 kg ha⁻¹, bem acima da média da região na safra 2018/2019, que foi de 3.400 kg ha⁻¹ (SEAB, 2019). Nota-se que a 1^a época (13/09) apresentou a menor produtividade, isso é explicado pelo fato de que o tratamento apresentou menor desenvolvimento inicial, devido ao baixo volume pluviométrico ter prejudicado a germinação e estabelecimento da soja. Também, a menor temperatura e dias mais curtos reduzem o período vegetativo da soja, que tende a expressar menor potencial produtivo. Logo, antecipar a semeadura da soja pode não resultar em maiores potenciais produtivos. Como mencionado anteriormente, o cultivo de trigo resulta em colheita em final de outubro, podendo o cultivo intercalar ser mais viável neste arranjo.

Na antecipação de semeaduras de soja, cultivares de ciclo precoce tendem a sofrer mais, existindo uma relação de quanto menor o ciclo, menor o tempo para se restabelecer das condições desfavoráveis no início do desenvolvimento, como baixas temperaturas do ar e do

solo, menor precipitação e carência fotoperiódica (CÂMARA; HEIFFIG, 2000; EMBRAPA, 2017).

Para a 1^o época, a maior produtividade da soja foi nos arranjos de entrelinhas da soja, de 44 cm e 51 cm, já para a 2^o época (23/09), as melhores produtividades foram nos arranjos de 34 cm e 44 cm. O acréscimo da primeira época para a segunda no arranjo de 44 cm foi de 1.344,5 kg ha⁻¹ e de 1.487,3 kg ha⁻¹ para o arranjo de 51 cm. Contudo, observa-se que mesmo com esse incremento de produção entre as épocas, em 23/09, o espaçamento de 34 cm superou o de 51 cm em 667,17 kg ha⁻¹, diferindo estatisticamente do mesmo, resposta essa que pode ser explicada pelos fatores climáticos, onde em primeira época com condições mais desfavoráveis, o arranjo de 51 cm se sobressaiu, devido a ter maior quantidade de plantas por linha, já para a segunda época, com clima mais favorável, o arranjo de 34 cm foi mais produtivo, por ter menor número de plantas por linha, a qual propiciou menor competição intraespecífica e maior potencial de ramificação.

Avaliando-se de forma isolada, os arranjos de linhas alternadas de trigo (34 cm e 44 cm), propiciaram arranjos de sojas mais produtivos no segundo ano, contudo, esses arranjos quando visto no sistema de consórcio, perdem muita produtividade de trigo e também dificultam a implantação da soja em meio a cultura.

Além das avaliações da resposta da soja nos diferentes arranjos, é fundamental comparar estes dados com o modelo convencional de produção, ao qual a soja é semeada após a colheita do trigo. Para tal, é possível observar na Tabela 8, o resultado da análise de contraste que permitiu comparar os arranjos e épocas de semeadura com o tratamento controle.

Tabela 8 – Análise de Contraste entre diferentes arranjos e épocas de semeadura, para componentes de rendimento de Soja. 2019/2020. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.

Tratamentos (AL e EP)	Altura (cm)	Inserção de 1º Vagem (cm)	Nº Vagens/ planta	Nº Grãos/ Planta	Massa de Mil Grãos (MMG) (g)	Produtivida de (kg ha ⁻¹)
Controle – 14/10	85,40	6,93	67,20	164,40	185,53	6429,68
34 cm – 13/09	47,26 *	4,66 ^{ns}	54,66 ^{ns}	123,73 ^{ns}	204,76 ^{ns}	4090,00 *
34 cm – 23/09	68,46 *	7,06 ^{ns}	56,93 ^{ns}	135,13 ^{ns}	198,33 ^{ns}	6696,59 ^{ns}
44 cm – 13/09	45,93 *	7,73 ^{ns}	64,80 ^{ns}	137,66 ^{ns}	211,66 *	4875,92 *
44 cm – 23/09	69,40 *	7,60 ^{ns}	69,20 ^{ns}	161,40 ^{ns}	223,33 *	6220,45 ^{ns}
51 cm – 13/09	47,86 *	8,46 ^{ns}	48,66 ^{ns}	108,80 *	219,33 *	4542,11 *
51 cm – 23/09	67,46 *	8,46 ^{ns}	60,53 ^{ns}	141,53 ^{ns}	219,66 *	6029,42 ^{ns}
66 cm – 13/09	38,33 *	6,66 ^{ns}	48,20 ^{ns}	104,00 *	220,00 *	4209,26 *
66 cm – 23/09	61,86 *	7,80 ^{ns}	70,53 ^{ns}	166,13 ^{ns}	223,66 *	5110,97 *
Valor P TRAT	0,0000	0,0113	0,0024	0,0026	0,0000	0,0000
Valor P Bloco	0,2200	0,0238	0,1408	0,2065	0,1967	0,9423
CV %	7,17	14,21	10,68	12,76	3,19	3,78
Média	59,11	7,26	60,08	138,08	211,81	5356,04
DMS	13,34	3,25	20,21	55,53	21,25	637,75

*Dados diferem a 5% de Probabilidade pelo teste de T; “ns” Não Significativo a 5% pelo teste de T. AL: Arranjos de linhas; EP: Épocas de semeadura.

É possível observar diferenças significativas para a variável altura de plantas para todos os arranjos em relação ao tratamento controle (45 cm e semeado em 14 de outubro, após a colheita do trigo), que apresentou maior altura de plantas. Fator explicado devido a melhor radiação solar e temperatura a que a soja se desenvolve quando semeada mais tardiamente.

Comparando-se a variável inserção de primeira vagem, vê-se um efeito de não significância entre os diferentes arranjos e o tratamento padrão, mesmo havendo diferenças de altura total de planta, a inserção de primeira vagem, se mantem sem alterações, dentro dos diferentes arranjos e das diferentes épocas, fator explicado, devido a esta ser uma característica intrínseca da genética de cada cultivar.

Para o componente número de vagens por planta, nota-se não haver diferenças significativas para nenhuma época e espaçamento quando comparado ao tratamento controle, fator este já explicado, ao qual a menor altura de plantas compensa em ramificações laterais e se iguala na produção de nós viáveis por planta, apresentando média de 60 vagens por planta.

A variável número de grãos por planta, apresentou diferenças estatísticas apenas do tratamento controle, para os tratamentos 51 cm (13/09) e 66 cm (13/09), sendo 55,6 grãos (51,1%) e 60,4 grãos (58,1%) inferior a semeadura de soja em 3º época pós colheita do trigo.

Para o componente MMG, o tratamento controle não diferiu apenas dos tratamentos 34 cm (13/09) e 34 cm (23/09), sendo estes inferiores a todos os demais tratamentos, resultado, este explicado devido ao grande número de grãos por planta e também ao gasto energético da planta em produzir maior estrutura de plantas.

A produtividade da soja para o ano de 2019/2020, para o tratamento controle foi de 6.429,68 kg ha⁻¹, não diferindo dos tratamentos 34 cm (23/09), 44 cm (23/09) e 51 cm (23/09), diferindo, no entanto, do espaçamento 66 cm (23/09) quando semeado em segunda época, e de todos os tratamentos em primeira época de semeadura intercalar. Isso é explicado pela menor quantidade de radiação solar, temperaturas mais baixas e luminosidade insuficiente e principalmente a seca que provocou a menor população a qual a primeira época (13/09) foi submetida. Essas condições contribuíram para uma redução na produtividade de grãos, como resultado da menor expressão de caracteres adaptativos e de componentes da produtividade (RODRIGUES et al., 2001), e do cultivar não ter sido capaz de compensar menor desenvolvimento inicial.

Com esses dados de produtividades obtidos no primeiro ano de cultivo, observa-se que a estratégia de consórcio intercalar, da soja em meio ao trigo além de possível, permite o adiantamento da semeadura da soja em 21 dias, sem perdas produtivas. Também, levando-se em consideração a produtividade de ambas as culturas (trigo e soja), é possível inferir que o arranjo de 17D x 51cm, coincide com uma produtividade de 6.029,42 kg ha⁻¹ na segunda época, resultando na possibilidade de semear o milho em 31 de janeiro, possibilitando assim unir menor risco produtivo a maior produção de grãos por área.

Em relação a variável época, pode se observar que a soja semeada na primeira época (13/09/2019) enfrentou várias interferências climáticas sendo a seca a principal, e que as melhores produtividades foram alcançadas a partir da segunda época, porém sua produtividade ultrapassou a média da região podendo ser utilizada como alternativa no consórcio visto que foi possível realizar a colheita no dia 20/01, onze dias antes da 2^a época e trinta dias antes da 3^a, o que antecipa a semeadura do milho safrinha.

Segundo Oligini, (2019) em cultivos tardios, a soja é submetida a maior pressão de pragas e doenças, o que tende a ser menor quando semeada na segunda quinzena de setembro. Além de apresentar menor pressão de ferrugem, viabiliza o cultivo do milho segunda safra ainda dentro do zoneamento, com uma produção satisfatória. Para uma melhor recomendação, deve-se realizar análises regionais em mais de um ano agrícola para obter resultados para o melhor planejamento do sistema intercalar trigo soja.

4.4.2 Safra 2020/2021

Para a implantação da 1^o e 2^o época de semeadura de soja, que ocorreram na forma consórcio intercalar, ocorreu evento climáticos de seca na região, dificultando a boa germinação e emergência das plantas e também o seu desenvolvimento inicial, motivos estes que mostram uma produtividade de soja média, inferior ao primeiro ano deste estudo (Tabela 9). Não houve interação entre os fatores espaçamentos e épocas de semeadura intercalar de soja para as variáveis altura de plantas, altura da Inserção de primeira vagem, número de vagens, MMG e produtividade, mas havendo interação significativa entre os fatores, apenas para o componente de rendimento isolado número de grãos por planta.

Contudo, houve diferenças dentro do fator espaçamentos e também de épocas, para a altura de planta, número de vagens por planta e produtividade. Não havendo nenhuma diferença significativa para a variável altura da inserção de primeira vagem e MMG, nem para espaçamentos, nem dentro das épocas de semeadura intercalar.

Tabela 9 – Dados médios dos componentes de rendimento de soja em cultivo intercalar na safra 2020/2021. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.

Tratamentos	Altura (cm)	Inserção de 1 ^o Vagem (cm)	N ^o Vagens/planta	N ^o Grãos/Planta	Massa de Mil Grãos (MMG) (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Arranjo de Linhas (AL)						
17 D	51 cm	76,43 a	11,97 a	60,12 a	137,2	203,01 a
22 D	66 cm	64,43 b	10,57 a	44,42 b	106,7	211,48 a
DMS	6,31	1,79	4,27	7,89	13,16	198,60
Épocas de Semeadura (EP)						
14/09/2020	69,8 b	10,6 a	48,9 b	113,1	209,33 a	3393,3 b
29/09/2020	83,1 a	12,0 a	55,6 a	130,8	205,16 a	3920,8 a
DMS	8,92	1,19	4,27	7,89	13,16	171,73
Valor de P (<0,05)						
AL	0,0035	0,0602	0,0001	0,0001	0,1668	0,0002
EP	0,0027	0,0602	0,0088	0,0015	0,4682	0,0009
Bloco	0,3548	0,3127	0,4206	0,5981	0,1868	0,6404
AL * EP	0,8338	0,4126	0,2888	0,0288	0,7142	0,5535
CV (%)	6,34	9,31	5,79	4,58	4,50	4,11
Media	70,43	11,26	52,26	121,95	207,25	3657,08

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

Fonte: O Autor (2021).

A semeadura mais tardia da soja, propicia maior altura de plantas, sendo 13,3 cm maior na segunda época, resultado este, similar ao obtido no primeiro ano de experimento. Já, o arranjo de 51 cm de entrelinhas propiciou altura de 12 cm a mais que o arranjo de 66 cm, valores estes que podem ser explicados, devido ao menor número de plantas por linha no espaçamento de 51 cm, o qual propicia menor competição intraespecífica.

Para o número de vagens por planta, observa-se superioridade da 2ª época de semeadura de soja, em 6,7 vagens por planta (13,7%) em relação a 1ª época. O espaçamento de 51 cm, propiciou ganhos de 15,7 vagens por planta (35,3%), em comparação ao 66 cm, fator este que está atrelado ao tamanho de plantas, e número de entrenós viáveis em cada planta, ao qual o espaçamento de 51 cm, apresenta plantas melhor espaçadas e um melhor aproveitamento dos nutrientes e interceptação da radiação solar, uma vez que o fechamento do dossel ocorre de forma antecipada em relação ao espaçamento de 66 cm.

A variável número de grãos por planta apresentou interação significativa entre os fatores (Tabela 10), onde o espaçamento de 51 cm foi superior ao 66 cm em ambas as épocas, tendo 21,2 e 39,67 grãos por planta a mais para 1ª e 2ª época, respectivamente. Resultados estes que estão de acordo com a maior quantidade de vagens por planta no tratamento de 51 cm. Também, o arranjo de 51 cm, diferiu entre si, para as diferentes épocas, sendo 21,8% superior em 2ª época, resultado que pode ser explicado pela permanência de maior tempo da 1ª época ao estresse hídrico inicial, tendo maior gasto energético.

Tabela 10 – Interações observadas entre os diferentes arranjos e épocas de semeadura para o componente de rendimento, Número de grãos por planta de Soja. Safra 2010/2021. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.

	Número de grãos por planta	
	14/09/2020	29/09/2020
17D x 51 cm	123,67 Ab	150,67 Aa
22D x 66 cm	102,47 Ba	111,00 Ba

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Diferentemente do primeiro ano de estudo, onde houve interação entre os fatores para a produtividade de soja, no segundo ano, devido as diferenças climáticas tanto para a cultura do trigo (ano com maior volume pluviométrico), quanto para a cultura da soja (seca inicial para as duas épocas de semeadura), não houve interação. Observa-se, no entanto, diferenças para os fatores de forma isolada.

A produtividade da soja diferiu entre os arranjos de linhas e épocas, sendo superior no espaçamento de 51 cm, em 682,8 kg ha⁻¹ (20,6%), ao espaçamento 66 cm, e permanecendo acima da média da região na safra 2018/2019, que foi de 3.400 kg ha⁻¹ (SEAB, 2019). Para o fator época de semeadura intercalar, a produtividade da soja acompanhou os demais componentes de rendimento, sendo superior na 2^o época em 527,5 kg ha⁻¹ (15,55%).

Assim como, para o primeiro ano, fez-se o uso do tratamento controle, com uma terceira época de semeadura de soja (23/10), após colheita do trigo, e analisou-se o comparativo de cada tratamento com esse controle pela análise de contraste (Tabela 11). A maior parte do trigo cultivado no sudoeste do Paraná é colhido na segunda quinzena de outubro até novembro, fato este que inviabiliza o cultivo de milho safrinha dentro do zoneamento indicado para a cultura. Vale ressaltar que com a intensidade pluviométrica maior, a cultura do trigo completou seu ciclo normalmente, alongando ainda mais a diferença entre as épocas de semeadura da soja, o que não havia ocorrido em primeiro ano, devido a baixa pluviosidade e ao trigo ter adiantado seu ciclo.

Tabela 11 – Análise de Contraste entre diferentes arranjos e épocas de semeadura, para componentes de rendimento e produtividade da Soja. 2020/2021. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.

Tratamentos (AL e EP)	Altura (cm)	Inserção de 1 ^o Vagem (cm)	N ^o Vagens/planta	N ^o Grãos/Planta	Massa de Mil Grãos (MMG) (g)	Produtividade e (kg ha ⁻¹)
Controle – 23/10	110,93	12,60	60,80	130,20	197,16	4.573,49
51 cm – 14/09	69,80 *	11,00 ^{ns}	55,76 ^{ns}	123,66 ^{ns}	206,13 ^{ns}	3.762,00 *
51 cm – 29/09	83,06 *	12,93 ^{ns}	64,46 ^{ns}	150,66 *	199,90 ^{ns}	4.235,00 ^{ns}
66 cm – 14/09	58,40 *	10,13 ^{ns}	42,10 *	102,46 *	212,53 ^{ns}	3.024,66 *
66 cm – 29/09	70,46 *	11,00 ^{ns}	46,73 *	111,00 *	210,43 ^{ns}	3.606,66 *
Valor P TRAT	0,0000	0,0427	0,0008	0,0000	0,4041	0,0000
Valor P Bloco	0,4127	0,3422	0,9717	0,7707	0,4653	0,5642
CV %	5,51	8,80	7,75	4,23	5,23	3,48
Média	78,53	11,53	53,97	123,60	205,23	3.840,36
DMS	13,53	3,17	13,08	16,36	33,56	418,01

*Dados diferem do Teste a 5% de Probabilidade pelo teste de T; “ns” Não Significativo a 5% pelo teste de T. AL: Arranjos de linhas; EP: Épocas de semeadura.

Observa-se que para a variável altura de plantas, assim como no primeiro ano, todos os tratamentos apresentaram menor altura em relação ao cultivo da soja após a colheita do

trigo. Também para a altura da inserção de 1° vagem, como no primeiro ano, não houve diferença significativa para nenhum dos tratamentos, quando comparados a 3° época de semeadura da soja, mesmo essa sendo 24 dias após a 2° época de semeadura e 39 dias após a 1° época.

Para o componente número de vagens por planta, o espaçamento de 51 cm não diferiu do controle em ambas as épocas, tendo diferido o espaçamento de 66 cm para ambas as épocas quando comparado ao controle, evidenciando que o espaçamento de 51 cm para o cultivo da soja, se mostra mais viável que o 66 cm, em ambas as épocas de semeadura para essa variável.

Para o número de grãos por planta, o espaçamento de 51 cm (14/09) não diferiu da 3° época. Já para a segunda época (29/09), o arranjo de 51 cm produziu 20,4 grãos por planta a mais que o controle, resultados estes explicados devido a 3° época ter passado por um longo período (23 dias) de chuvas, o que ocasionou brotamento de grãos, e debulha natural de vagens quando secas. O arranjo de 66 cm, em ambas as épocas, apresentou menor número de grão que o controle.

Para o MMG não houve diferenças significativas para nenhum dos tratamentos estudados, possivelmente pelos danos causados pela chuva, e que causaram danos de umidade nos grãos e aceleraram sua deterioração, fazendo-os perder peso e se equiparar com os demais tratamentos que passaram por dificuldades de estresse hídrico no início do desenvolvimento.

Para a produtividade, o tratamento controle (23/10) apresentou 4.573 kg ha⁻¹, não diferindo do tratamento 51 cm em 2° época (29/09), permitindo-se assim utilizar deste espaçamento para viabilizar o cultivo intercalar de soja, sem perdas produtivas e com antecipação de semeadura, visando a introdução do cultivo de uma terceira safra na mesma área, com o milho safrinha, ainda dentro do zoneamento indicado.

4.5 COMPONENTES DE RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE DO MILHO SAFRINHA

A época de semeadura para o milho safrinha determina todos os fatores ambientais pelo qual a cultura passará, e em qual período ela enfrentará cada um, mesmo não se sabendo o futuro, é fundamental a observação das previsões climática e histórico de cada região, buscando assertividade e redução de riscos para o melhor período, e a obtenção da máxima expressão e produtividade.

Resultados obtidos neste trabalho, avaliando-se três diferentes épocas de semeadura (resultado dos tratamentos e épocas de colheita da soja), mostram que, não houve diferença significativa para o componente número de fileiras de grãos por espiga (Tabela 12), resultado explicado devido a este componente ser definido logo em início de ciclo, e sendo afetado por condições climáticas de deficiência hídrica, de manejo, como aplicações de ureia e de herbicidas, e também podendo ser afetado pela diferença de população de plantas por área, fatores estes que não diferiram das épocas de semeadura que ocorreram no experimento (NETO et al., 2003; PIONNER, 2004).

Tabela 12 – Componentes de rendimento e produtividade do Milho Safrinha 2020/2021, referente as diferentes épocas de semeadura. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.

Épocas de semeadura	Nº de fileiras de grãos (NFG)	Nº Grãos por Fileira (NGF)	Número de Grãos por Espiga (NGE)	Massa de Mil Grãos (MMG) (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
21/01/2020	13,876 a	35,30 a	489,55 a	308,66 a	8.166,67 a
31/01/2020	13,93 a	30,90 b	430,69 b	281,02 b	7.473,33 b
14/02/2020	14,03 a	29,43 b	412,96 b	256,03 c	5.517,00 c
DMS	0,68	2,05	44,31	22,77	482,07
Valor de P (P<0,05)					
Bloco	0,5270	0,0727	0,1990	0,2040	0,4777
Época	0,7016 ^{ns}	0,0012*	0,0077*	0,0031*	0,0001*
CV (%)	1,67	2,21	3,430	2,78	2,35
MÉDIA	13,94	31,88	444,40	281,89	7.052,33

Médias seguidas por mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: O autor (2020).

A variável NGF foi 14,23 e em torno de 20% maior na primeira época de cultivo, em relação a segunda e terceira época, respectivamente. Evidenciando-se que este componente é afetado pela redução da taxa de fotossíntese líquida, que como mencionado, é afetada pela redução do período de dias de radiação solar. Balbinot et al. (2005), relatam que este componente de rendimento, tem alta significância para a produção final de cada época. Quanto ao NGE, o é obtido pela multiplicação do componente NFG x NGF, portanto, os resultados seguiram a mesma lógica para o componente NGF, sendo a primeira época maior e diferindo das demais.

Analisando-se o componente MMG, pode-se observar que a época de semeadura de 21 de janeiro, apresentou maior MMG (308,66 g), diferindo da segunda época (31 de janeiro)

em 8,95% e tendo maior discrepância para a terceira época (14 de fevereiro), que se apresentou 17,05% inferior. A 2ª época também foi superior em 8,89% em comparação a 3ª época. Conclui-se que, esta variável apresentou relação negativa a medida que se atrasa a época de semeadura do milho em safrinha.

Duarte (2018), atrela esse resultado de maior MMG no mês de janeiro, devido as condições climáticas existentes, como maiores taxas de radiação solar e temperaturas, corroborando com este, Magalhães et al. (2002) também relacionam a disponibilidade hídrica durante os primeiros estádios e no momento de enchimento dos grãos, os quais afetariam diretamente a taxa de fotossíntese líquida e limitaria o potencial de produção do milho.

Estudando-se diversos genótipos de milho, semeados em safrinha, Silva et al. (2010) verificaram redução no potencial produtivo de todos os híbridos, principalmente em estágio de enchimento de grãos, quando estes foram submetidos as condições climáticas desfavoráveis, do atraso da semeadura, como o menor índice de radiação, que reduziria o potencial fotossintético.

Avaliando-se os dados de produtividade por área (Tabela 12), nota-se a mesma lógica que ocorreu nos demais componentes de rendimento, ou seja, uma relação negativa de produção conforme o atraso da semeadura. Sendo a primeira época a mais produtiva, com 8.166,66 kg ha⁻¹, tendo incremento de 693,33 kg ha⁻¹, quando comparado a segunda época (7.473,33 kg ha⁻¹), porém, a discrepância de valores é ainda maior, quando comparado a terceira época, sendo 2.649,66 kg ha⁻¹, maior que o obtido em 14 de fevereiro (5.517 kg ha⁻¹), relacionando uma redução de 110,40 kg ha⁻¹ por dia de atraso na semeadura. Oligini (2019) verificou uma perda de produtividade média de 126 kg ha⁻¹ por dia de atraso na semeadura do milho avaliando 9 épocas de semeadura entre janeiro e fevereiro em 2 anos de avaliação.

Resultados estes em concordância aos demais dados disponíveis em literatura, que reportam perdas superiores a 60 kg ha⁻¹ dia de atraso na época de semeadura do milho safrinha, sendo minimizada caso não ocorra problemas hídricos e redução na temperatura, ou maximizados por algum evento climático como, geadas (ALVARENGA et al., 2010; GARCIA et al., 2018; STÜLP et al., 2010).

Oligini estudando 9 épocas de cultivo de milho safrinha em dois anos agrícolas (safra 2016/17 e 2017/18), e Cardoso et al. (2004), estudando doze épocas de semeadura (de janeiro a março) no estado do Paraná, obtiveram resultados semelhantes, com reduções de produtividade de milho safrinha, a medida que se semeava mais tarde, tendo como período ideal para o cultivo o mês de janeiro, relatando que as reduções de produtividade em ambas as

situações seriam devido as variações climáticas sofridas no decorrer das diferentes épocas de semeadura e características da região.

Resultados obtidos por Cruz et al. (2010) e Cruz et al. (2012), chegaram à conclusão de que quanto mais tardio for à semeadura do milho safrinha, menor será seu potencial produtivo, devido a alta sensibilidade desta cultura a radiação solar, a qual é reduzida dia após dia até 21 de junho (solstício de inverno), resultando em menor acúmulo de matéria seca diária, pela redução da taxa de fotossíntese líquida.

A semeadura do milho safrinha em janeiro propicia ganhos nos processos fotossintéticos, e rendimento final de grãos, através da maior exposição à altos índices de radiação solar incidente. Já, para o mês de fevereiro e março, nota-se declínio da intensidade luminosa, o que segundo Cruz et al. (2006), pode ser de 30 a 40%, situação que costuma ocorrer na segunda quinzena de fevereiro e início de março, acarretando em atraso de maturação e perdas produtivas (SANTOS et al., 2018).

Oligini (2019) também salienta que, para que seja possível a semeadura do milho safrinha em janeiro, e obtenção de altos rendimentos de milho safrinha, a soja deve ser semeada no início do zoneamento (setembro) e utilizando-se de cultivares precoces, com grupos de maturação de 5,0 a 5,5, porém, estas são medidas que aumentam o risco de produção da soja, visto as características climáticas do mês de setembro, e a alta sensibilidade das cultivares superprecoces a condições adversas de clima podem resultar em baixas produtividades, dificilmente revertidas pelo aumento proporcionado na produtividade do milho safrinha.

Neste contexto, vale salientar a importância do sistema de cultivo intercalar de trigo e soja, pois o mesmo permite que se mantenha a produção de trigo na propriedade, que possa ser implantada a cultivar de soja em época mais apropriada a cultura, e seja feita a utilização de cultivares mais adaptadas, mesmo não sendo superprecoces, com menores riscos, visto que se aumenta o período de plantio da soja, que se permita a semeadura do milho safrinha como uma terceira cultura na área, ainda dentro do mês de janeiro. Com isso, objetiva-se ganhos produtivos com qualidade de grãos, possibilitando mitigar os riscos de produção e também ter acesso a seguros agrícolas e políticas de incentivo, visto que estariam dentro do sistema de zoneamento indicado. Ocasão estas, que não seriam possíveis, ou seriam com maiores riscos caso o cultivo intercalar não fosse adotado.

4.6 ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DO SISTEMA INTERCALAR TRIGO-SOJA-MILHO SAFRINHA

Para as análises econômicas, utilizou-se os tratamentos com melhor resposta agrônômica em termos de produtividade de grãos por área. Para tanto, utilizou-se dados do arranjo de 17D para o trigo, que configura o arranjo de 51 cm na soja, comparando-se esta estratégia de cultivo intercalar, ao padrão realizado na região (Controle 17S e Soja 45 cm), realizado para cada cultura e ano estudado, com objetivo de comparar as diferenças de produção de grãos por área e o lucro final por área para cada cultura/ano e também para o sistema como um todo (Trigo-Soja-Milho Safrinha). Importante destacar que no sistema intercalar, o produtor tem possibilidade muito maior de realizar a semeadura em condições adequadas, uma vez que existe um período flexível de mais de 30 dias para tomada de decisão para definir o dia da semeadura. Por outro lado, no sistema convencional, o produtor colhe o trigo e necessita semear a soja logo na sequência para conseguir as melhores condições edafoclimáticas, e nem sempre consegue boas condições de plantabilidade e emergência.

Utilizou-se o espaçamento de soja de 51 cm para avaliação das diferentes épocas, devido a este espaçamento se adequar melhor a implantação em meio as linhas de trigo.

Observa-se na Tabela 13 para a cultura do trigo, que a alteração no arranjo de entrelinhas simples de 17 cm para linhas duplas de 17 cm resultou em um decréscimo de 1.238,84 kg ha⁻¹ e 1.230,40 kg ha⁻¹ na produção; perdas estas que refletiram em queda de lucro de R\$ 929,08 e R\$ 1.435,46 por hectare, para os anos de 2019 e 2020, respectivamente.

Tabela 13 – Avaliação da produtividade de grãos e avaliação econômica para a cultura do trigo, safras 2019/2020 e 2020/2021. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.

Trigo - safra 2019/2020						
Arranjos de linhas	COT (R\$ ha ⁻¹)	Custos de insumos (R\$ ha ⁻¹)	Custos Totais (R\$ ha ⁻¹)	³ Prod. (kg ha ⁻¹)	¹ Receita bruta (R\$ ha ⁻¹)	² Receita líquida (R\$ ha ⁻¹)
Linhas Simples	590,00	1.465,40	2.055,40	4.051,47	3.038,55	983,15
Linhas Duplas	590,00	1.465,40	2.055,40	2.812,63	2.109,47	54,07
Diferença:	0,00	0,00	0,00	1.238,84		929,08
Trigo - safra 2020/2021						
Linhas Simples	690,00	1.622,69	2.312,69	3.497,63	4.080,56	1.767,87
Linhas Duplas	690,00	1.622,69	2.312,69	2.267,23	2.645,10	332,41
Diferença:	0,00	0,00	0,00	1.230,40		1.435,46

COT: Custo operacional total; ¹Receita bruta: Produtividade em sacas (60 kg) x Preço da saca (Trigo 2019 – R\$ 45,00; Trigo 2020 – R\$ 70,00); ²Receita líquida: Relação entre a receita bruta – custos totais. ³Produtividade.

Preços baseados em relatórios da Conab (2019 e 2020), e de cotação de 3 empresas da região, sendo estas: Lavoura S/A – Pato Branco; Coopavel-Pato Branco e Coasul- Dois Vizinhos; utilizando-se o valor de balcão médio comercializado ao final da colheita e de contratos futuros existentes para a cultura do trigo. Visto que as quantidades de sementes e fertilizantes utilizados em ambos os arranjos são iguais por área, têm-se os mesmos custos de insumos, e operações.

Em relação à produtividade e a análise econômica para a cultura da soja (Tabela 14), nota-se maior produtividade para a safra 2019/2020. Da mesma forma, é possível verificar a diferença entre as épocas de semeadura de soja para a produtividade por área, sendo a primeira época mais afetada por questões climáticas e por isso, com menor produtividade, evidenciando-se assim que apesar de ser possível a semeadura mais antecipada em meio ao trigo, a soja tende a sofrer mais com o adiantamento da época de semeadura, causando perdas de 1.487,31 kg ha⁻¹, (R\$ 1.983,08 ha⁻¹) quando comparado a semeadura intercalar em 2ª época.

Tabela 14 – Avaliação de produtividade de grãos e avaliação econômica para a cultura da Soja nas safras 2019/20 e 2020/21. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.

Soja - safra 2019/2020						
Épocas de semeadura	C.O.T. (R\$ ha ⁻¹)	Custos de insumos (R\$ ha ⁻¹)	Custos Totais (R\$ ha ⁻¹)	³ Prod. (Kg ha ⁻¹)	¹ Receita bruta (R\$ ha ⁻¹)	² Receita líquida (R\$ ha ⁻¹)
1° (13/09/19)	700,00	1.862,75	2.562,75	4.542,11	6.056,14	3.493,39
2° (23/09/19)	700,00	1.862,75	2.562,75	6.029,42	8.039,22	5.476,47
3° (14/10/19)	700,00	1.862,75	2.562,75	6.429,68	8.572,90	6.010,15
⁴ 1 ^a /2 ^a	0,00	0,00	0,00	1.487,31	-	1.983,08
⁴ 1 ^a /3 ^a	0,00	0,00	0,00	1.887,57	-	2.516,76
⁴ 2 ^a /3 ^a	0,00	0,00	0,00	400,26	-	533,68
Soja - safra 2020/2021						
1° (14/09/20)	900,00	2.173,25	3.073,25	3.762,00	9.405,00	6.331,75
2° (29/09/20)	900,00	2.173,25	3.073,25	4.235,00	10.587,50	7.514,25
3° (23/10/20)	900,00	2.173,25	3.073,25	4.573,49	11.433,73	8.360,48
⁴ 1 ^a /2 ^a	0,00	0,00	0,00	473,00	-	1.182,50
⁴ 1 ^a /3 ^a	0,00	0,00	0,00	811,49	-	2.028,73
⁴ 2 ^a /3 ^a	0,00	0,00	0,00	338,49	-	846,23

COT: Custo operacional total; ¹Receita bruta: Produtividade em sacas (60 kg) x Preço da saca (Soja 2019 – R\$ 80,00; Soja 2020 – 150,00); ²Receita líquida: Relação entre a receita bruta – custos totais. ³Produtividade. ⁴Diferença entre as épocas de semeadura.

Ainda a primeira época de semeadura da soja produziu 1.887,57 kg ha⁻¹ a menos que a 3ª época (semeadura pós-colheita de trigo), diferença essa que resulta em uma margem

liquida de R\$ 2.516,76 ha⁻¹ a menos que a 3ª época e que deverá ser compensada pela maior produtividade do milho safrinha, para se tornar viável.

Para a segunda época de semeadura, é possível observar uma diferença menor de produtividade, ficando em apenas 400,26 kg ha⁻¹ (R\$ 533,68 ha⁻¹) a menos que a semeadura da soja pós trigo. Ainda, essa semeadura intercalar, pode ser facilmente compensada pelo aumento de produtividade do milho safrinha, semeado ainda dentro do mês de janeiro, pela redução dos riscos produtivos e pela menor interferência na cultura do trigo, já que passaria 10 dias a menos em consórcio.

Para o ano safra de 2020/2021 a soja apresentou menor produtividade por área, devido às condições desfavoráveis de secas na implantação das semeaduras intercalares e também ao grande período chuvoso no momento próximo a colheita, o que atrasou a colheita e ocasionou brotamento de grãos ainda na planta, e maiores perdas por debulha natural da soja, contudo, o alto preço da soja para essa safra compensou a perda produtiva.

Comparando a primeira época de semeadura (14/09/2020), com a segunda (29/09/2020), tem-se 15 dias de maior período de competição com o trigo, dias estes, que foram também de clima seco (Figura 2), o que pode explicar a diferença de 473 kg ha⁻¹ (R\$ 1.182,50 ha⁻¹) a menos que a segunda época e 811,49 kg ha⁻¹ (R\$ 2.028,73 ha⁻¹) a menos que a terceira época (controle, pós trigo, 23/10/20) com 39 dias de diferença de semeadura, a qual deverá ser compensada com a maior produtividade de milho safrinha para tornar-se viável.

Avaliando a segunda época, em relação a terceira, evidencia-se um adiantamento de 24 dias de semeadura da soja, com diferenças de 338,49 kg ha⁻¹ (R\$ 846,23 ha⁻¹), uma diferença menor e que propiciara o adiantamento da cultura do milho safrinha.

Em relação à produtividade, observa-se na análise econômica para a cultura do milho safrinha (Tabela 15), diferença de produtividade ao comparar a 1ª com a 2ª época de semeadura, tendo perdas de 693,33 kg ha⁻¹ (R\$ 520,00 ha⁻¹) com diferença de 10 dias de semeadura, porém, com ambas dentro do mês de janeiro, ao qual é indicado como janela ideal de cultivo. Quando comparado a 1ª com a 3ª época, a diferença é de 2.649,66 kg ha⁻¹ (R\$ 1.987,24 ha⁻¹), sendo essa maior diferença explicada devido à terceira época ter sido semeada fora da janela ideal de cultivo, com 24 dias após a primeira. Dias mais curtos, com menor radiação e temperatura resultam em menor acúmulo de foto assimilados pela cultura do milho, resultando em menor produtividade, conforme mencionado acima.

Tabela 15 – Avaliação de rendimento de grãos e avaliação econômica para a cultura do Milho Safrinha, safra 2020. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.

Milho Safrinha 2020						
Épocas de semeadura	C.O.T. (R\$ ha ⁻¹)	Custos de insumos (R\$ ha ⁻¹)	Custos Totais (R\$ ha ⁻¹)	³ Prod (Kg ha ⁻¹)	¹ Receita bruta (R\$ ha ⁻¹)	² Receita líquida (R\$ ha ⁻¹)
1° (21/01/20)	900,00	1.500,00	2.400,00	8.166,66	6.124,99	3.724,99
2° (31/01/20)	900,00	1.500,00	2.400,00	7.473,33	5.604,99	3.204,99
3° (14/02/20)	900,00	1.500,00	2.400,00	5.517,00	4.137,75	1.737,75
⁴ 1 ^a /2 ^a	0,00	0,00	0,00	693,33	-	520,00
⁴ 1 ^a /3 ^a	0,00	0,00	0,00	2.649,66	-	1.987,24
⁴ 2 ^a /3 ^a	0,00	0,00	0,00	1.956,33	-	1.467,24

COT: Custo operacional total; ¹Receita bruta: Produtividade em sacas (60 kg) x Preço da saca (R\$ 45,00); ²Receita líquida: Relação entre a receita bruta – custos totais. ³Produtividade. ⁴ Diferença entre as épocas de semeadura.

Comparando a 2^a e a 3^a época, houve diferença de 14 dias entre as semeaduras, o que resultou em perda de 1.956,33 kg ha⁻¹ (R\$ 1.467,24 ha⁻¹), ou seja, uma média de 139,73 kg ha⁻¹ para cada dia de atraso na semeadura cultura do milho safrinha.

Salienta-se, que semeaduras tardias, mais afastadas do mês de janeiro, além de terem perdas produtivas, não são asseguradas pelo Proagro. A recomendação através do zoneamento agrícola climático ideal para a semeadura do milho safrinha é até 31 de janeiro, aumentando-se assim os riscos produtivos no cultivo do milho fora dessa época de semeadura.

No caso do milho safrinha, diferentemente da soja, quando mais tarde a sua semeadura, menor a produção e conseqüentemente a receita e o lucro obtido. Com isso, semeaduras antecipadas de milho safrinha, garantem maiores potenciais produtivos e rentabilidade ao produtor, quando comparado de forma isolada, e menor risco produtivo.

Análises isoladas de cada cultura são necessárias para entender o ganho produtivo e de lucro por área em cada situação, mas o que prevalece, será sempre a lucratividade de todo o sistema produtivo, já que as decisões tomadas em uma determinada cultura, influenciam diretamente na outra.

Para análise da viabilidade econômica e produtiva do sistema intercalar, deve-se considerar as três culturas em sistema intercalar, a qual, a soma de seus equivalentes monetários e produtivos, devem ultrapassar o da produção no sistema convencional, tanto com semeaduras de trigo + soja, ou de soja + milho safrinha.

Em relação à produtividade e receita líquida dos diferentes sistemas de cultivo na safra 2019/2020, comparou-se os dois sistemas de cultivo convencional, utilizando os maiores

valores de cada cultura, ao sistema de cultivo intercalar (tabela 16), onde pode-se produzir as três culturas em mesmo ano agrícola e dentro do zoneamento agrícola indicado a cada cultura.

Tabela 16 – Avaliação de viabilidade econômica do sistema de produção intercalar com trigo em linhas simples e duplas de 17 cm, soja cultivada em sistema intercalar e após a colheita do trigo e milho safrinha na safra de 2019/2020. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.

Tratamentos		Produtividade (Kg ha ⁻¹)	Receita Líquida (R\$ ha ⁻¹)
Safra 2019/2020			
Sistema 1	Trigo linha simples	4.051,47	983,15
	Soja (14/10/2019) 45 cm	6.429,68	6.010,15
Total:		10.481,15	6.993,30
Sistema 2	Soja (14/10/2019) 45 cm	6.429,68	6.010,15
	Milho safrinha (14/02/2020)	5.517,00	1.737,75
Total:		11.946,68	7.747,90
Sistema 3 Intercalar	Trigo linha dupla 17 cm	2.812,63	54,07
	Soja 2ª época (23/09/2019) 51 cm	6.029,42	5.476,47
	Milho safrinha (31/01/2020)	7.473,33	3.204,99
Total		16.315,38	8.735,53
Diferença: 3/1		5.834,23	1.742,23
Diferença: 3/2		4.368,70	987,63

Para a safra 2019/2020, o sistema de produção na forma de consórcio intercalar, apresentou ganhos produtivos e monetários, quando comparado ao sistema convencional de trigo + soja, ou ainda o sistema soja + milho safrinha, sistemas estes comumente utilizado pelo produtor.

Mesmo sendo um ano com baixa intensidade pluviométrica, houve boas produtividades das culturas da soja e do milho safrinha, que permitem mostrar a viabilidade deste sistema, tanto em produção de grãos por área, quanto em reais por área.

Comparando-se os sistemas de cultivos para a safra de 2019/2020, o sistema 3, com cultivo intercalar, obteve ganhos produtivos de 5.834,58 kg ha⁻¹, resultando em acréscimo monetário de R\$ 1.742,23 por hectare ao sistema 1 (trigo + soja), e 4.368,70 kg ha⁻¹ com acréscimo de R\$ 987,63 por hectare para o sistema 2 (soja + milho safrinha).

Na safra 2020/2021, considerando que não houve tempo hábil para coletar a 2ª época de cultivo (2020), foi utilizado os dados do 1º ano de forma hipotética a fim de permitir uma avaliação geral dos diferentes sistemas nos dois anos de avaliação (tabela 17).

Tabela 17 – Avaliação de viabilidade econômica do sistema de produção intercalar com trigo em linhas simples e duplas de 17 cm, soja cultivada em sistema intercalar e após a colheita do trigo e milho safrinha na safra de 2020/2021. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021.

Tratamentos		Produtividade (Kg ha ⁻¹)	Receita Líquida (R\$ ha ⁻¹)
Safra 2020/2021			
Sistema 1	Trigo linha simples	3.497,63	1.767,87
	Soja (23/10/2020) 45 cm	4.573,49	8.360,48
Total:		8.071,12	10.128,35
Sistema 2	Soja (23/10/2020) 45 cm	4.573,49	8.360,48
	Milho safrinha* (14/02/2020)	5.517,00	1.737,75
Total:		10.090,49	10.098,23
Sistema 3 Intercalar	Trigo linha dupla 17 cm	2.267,23	332,41
	Soja 2ª época (29/09/2020) 51 cm	4.235,00	7.514,25
	Milho safrinha (31/01/2020)	7.473,33	3.204,99
Total		13.975,56	11.051,65
Diferença: 3/1		5.904,44	923,30
Diferença: 3/2		3.885,07	953,42

*Dados referentes ao cultivo do primeiro ano (2020/2020)

Na safra de 2020/2021 as condições climáticas foram de maiores intensidades pluviométricas, o que auxiliou a produção, mas também causou perdas produtivas pelo excesso de chuvas em determinadas fases de cada cultura. Houve grande diferenciação tanto para os custos de produção, quanto para o valor de cada cultura analisada, o que explica a diferença de valores de um ano para o outro.

O sistema intercalar, apresenta-se superior tanto em produção total de grãos por área, como em retorno de receita líquida por área, aos demais sistemas de cultivos, sendo 5.904,44 Kg ha⁻¹ e 3.885,07 Kg ha⁻¹, com receita líquida de R\$ 923,30 R\$ 953,42 maior que os sistemas de cultivo 1 e 2 respectivamente.

O trigo contribui menos para a rentabilidade final do sistema, efeito esse somado ao maior risco produtivo, e a incapacidade de semeadura do milho safrinha dentro do mês de janeiro, que tem estimulado o produtor optar pela exclusão do cultivo desta cultura mantendo a sequência de cultivo de soja e milho safrinha. Vale ressaltar que o cultivo de milho safrinha, quando realizado dentro da época indicada, pode compensar as perdas produtivas e de receita do trigo e da soja, e que o atraso de sua semeadura culmina em grandes perdas produtivas e maiores riscos a eventos climáticos.

Contudo, sabe-se da importância do trigo para a alimentação humana, e dos benefícios que esta cultura pode trazer ao sistema produtivo. Sendo assim, o cultivo na forma de consórcio intercalar permite o cultivo do trigo, da soja e do milho safrinha, com menores riscos climáticos associados a possibilidade de escolher o melhor momento da semeadura, a cultivar mais indicada, com ciclo mais longo e fazer os três cultivos dentro do zoneamento agroclimático indicado para cada espécie, propiciando maiores produtividade por área, maior rentabilidade ao produtor e redução de riscos e de custos de produção.

Importante considerar, que a análise econômica não está considerando o fator risco de produtividade no contexto da discussão, porém, é possível observar que o atraso na semeadura do milho resulta em maior risco produtivo, fator este que precisa ser considerado na tomada de decisão pela adoção ou não deste sistema de produção.

Em análise técnica do sistema de cultivo intercalar, nota-se outros benefícios os quais promovem ganhos ao sistema produtivo, com melhorias em variados aspectos, como no controle de plantas daninhas, e na redução do uso de herbicidas, efeito esse devido ao acúmulo de palhada do trigo em meio a entre linha da soja, a qual também melhora a fertilidade do solo, pela manutenção da cobertura do solo, aumento da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, proteção do solo contra erosão e auxilia no controle térmico e na manutenção da microbiota da área, evitando áreas de pousio. Também, com três sistemas de cultivos, se tem variados sistemas radiculares, com diferenciações na ciclagem de nutrientes, e uma menor pressão de seleção de doenças, pragas e plantas daninhas, devido a estratégia de escape as épocas de maior pressão.

Por outro lado, no sistema convencional, se tem observado um maior número de casos de frustração produtiva devido o aumento do risco de produção, seja pelo posicionamento errôneo de cultivares precoces e superprecoces fora da janela apropriada de cultivo, seja por operações de semeadura de forma arriscada, sem as condições apropriadas, o que expõem as culturas a condições de clima desfavoráveis e aumentam o risco produtivo.

Com o sistema de consórcio intercalar, além da possibilidade de cultivo dentro das épocas indicadas (assegurado de eventuais danos climáticos), pode-se realizar as operações de semeadura de forma mais assertiva e com as condições mais apropriadas, diluir o risco de produção em três culturas no ano, e optar pela escolha de cultivares que mais se adaptam a região.

5 CONCLUSÃO

O cultivo intercalar trigo-soja com trigo em linhas duplas de 17 cm e a soja cultivada em espaçamento de 51 cm na segunda quinzena de setembro destacou-se em termos de potencial de produção de grãos e antecipação do cultivo do milho safrinha, apresentando maior viabilidade técnica e econômica quando comparado ao sistema convencional trigo-soja.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de consórcio intercalar trigo-soja, vem a agregar e dar mais opções ao produtor rural, trazendo inúmeros benefícios ao sistema produtivo como um todo, assim como, se encaixa as novas tecnologias (cultivares novas, tecnologias de aplicação de fitossanitários) e auxilia na resolução de problemas de campo.

Uma das estratégias para otimizar o uso do cultivo intercalar é o cultivo de trigo pós milho safrinha uma vez que a semeadura mais tardia do trigo em função da época de colheita do milho em final de junho, possibilitará um maior período de convivência com a soja, sem a necessidade de fazer o cultivo da soja ainda na metade de setembro, que tende a comprometer o potencial produtivo da cultura.

Ainda, quando semeada mais tardiamente, é possível o cultivo de um material de soja com grupo de maturação menor. Também, pode-se utilizar um material de trigo de ciclo mais curto, uma vez que o risco de geada será diminuído em função da época de semeadura pós milho safrinha.

Há também um considerável aumento de período de semeadura, tanto para trigo, quanto para soja, sem ter que optar pelo plantio no seco, para viabilizar a safrinha de milho.

O sistema intercalar, também permite melhor uso dos maquinários, e que as operações sejam realizadas com mais tempo, sendo mais eficazes, evitando problemas de semeaduras às pressas, ou em resteva de trigo (sem o corte da palha, causando envelopamento da semente de soja), reduzindo também, riscos de danos, causados por grandes volumes de chuvas pós plantio.

Em suma, o sistema uma vez que bem adaptado, pode reduzir o uso de herbicidas, auxiliar no controle de plantas daninhas resistentes, dar maior proteção e cobertura ao solo, melhorá-lo fisicamente e quimicamente, ciclando mais nutrientes e sendo mais produtivo por área, contribuindo dessa forma, para uma melhor geração de renda e qualidade de vida ao produtor rural.

Desta forma, pode-se dizer que o consórcio intercalar vem contribuir para o processo produtivo, agregando em aspectos produtivos, econômicos, técnico, sociais e ao meio ambiente, trazendo maior tranquilidade ao produtor e a redução de riscos a produtividade.

Precisa-se evoluir em automatização de processos e tecnologia de mecanização para tornar o sistema aplicável em larga escala. O futuro é promissor.

REFERÊNCIAS

- ABIMILHO (Associação Brasileira das Indústrias de Milho): Estatísticas - oferta e demanda de milho Brasil - 2018. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/estatisticas>. Acessado em: 12 de Mar. 2020.
- AKUTAGAWA, K.H; MOREIRA, R.E; DA SILVA, A.A. Fatores e técnicas de produção da cultura do trigo visando à produtividade e qualidade. In: **Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial**,11, 2017, Campo Mourão. Anais ...Campo Mourão: EEPA,2017.
- ALLIPRANDINI, L. F. et al. Understanding soybean maturity groups in Brazil: environment, cultivar classification, and stability. **Crop Science**, v. 49, n. 3, p. 801-808, 2009.
- ALVARENGA, R. C. et al. Sistema integração lavoura-pecuária-floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe agropecuário**, v. 31, n. 257, p. 59-67, 2010.
- ALVARES, C. A et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, H. C. R.; AMARAL, Renata Firmino do. Produção, área colhida e produtividade do milho no nordeste. **Informe Rural Etene**, v. 5, n. 16, p. 1-9, 2011.
- BALBINOT, J. A. et al. Contribuição de componentes de rendimento na produtividade de grãos em variedades de polinização aberta de milho. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 11, n. 2, 2005.
- BARBOSA, M. C. et al. Desempenho agrônomico e componentes da produção de cultivares de soja em duas épocas de semeadura no arenito Caiuá. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, 2013.
- BARNI, N. A.; MATZENAUER, R. Ampliação do calendário de semeadura da soja no Rio Grande do Sul pelo uso de cultivares adaptados aos distintos ambientes. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.6, n. 2, p. 189-203, 2000.
- BEXAIRA, K.P et al. Relação da produtividade com a estatura de plantas de soja em diferentes épocas de semeadura. In: Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul,42, 2018.Três de Maio – RS, Brasil. Anais... Três de Maio: Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul,2018.

BHERING, S. B., et al. Mapa de Solos do Estado do Paraná. **Embrapa Solos**-Documentos (INFOTECA-E), 2007.

BIOTRIGO GENÉTICA. Disponível em:
<http://biotrigo.com.br/cultivares/portfolio/tbio_sinuelo/21>. Acesso em: 10 Mai. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

BRUM, A. L.; MÜLLER, P. K. A realidade da cadeia do trigo no Brasil: o elo produtores/cooperativas. *Revista de Economia Rural*, Rio de Janeiro, v. 46, n. 1, p. 145-169, jan/ mar 2008.

BRUNETTA, D.; DOTTO, S. R.; TAVARES, L. C. Pluviosidade e rendimento de trigo no norte do Paraná. **Embrapa Soja-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** (INFOTECA-E), 2001.

CÂMARA, G. M. S.; HEIFFIG, L. S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. Câmara, GMS. **Tecnologia da produção II**. Piracicaba: Esalq/USP, p. 120, 2000.

CANFALONE, A. et al.; Crecimiento de soja en función de la temperatura del aire y de la radiación fotosintéticamente activa. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 8, n. 3, 2002.

CARDOSO, C. O.; FARIA, R. T de; FOLEGATTI, M. V. Simulação do rendimento e riscos climáticos para o milho safrinha em Londrina-PR, utilizando o modelo CERES-Maize. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, p. 291-300, 2004.

CHEN, Y. et al.; Rational phosphorus application facilitates the sustainability of the wheat/maize/soybean relay strip intercropping system. *PloS one*, v. 10, n. 11, 2015.

CONAB. **COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. A Cultura do Trigo: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos-safra 2009 a 2017**. -Brasília: Conab, V.15, 2018.

CONAB. **COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO**. Grãos - Série Histórica, Conab, 2020. Portal de Informações Agropecuárias, Disponível em:<<https://portaldeinformacoes.Conab.gov.br/safra-serie-historica-dashboard>>. Acesso em: 22 abr. de 2020.

CONAB. **COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO**. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Décimo segundo levantamento: SAFRA 2018/19, v. 6, n. 12, 2019.

COLLE, C. A. **A cadeia produtiva do trigo no Brasil: Contribuição para a geração de emprego e renda**. Porto Alegre, 1998. Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1444/000135755.pdf?sequence=1> > Acesso em: 19 abri. 2019.

CIVIERO, J. C. **Efeito de épocas de semeadura no desenvolvimento e produtividade do trigo (*triticum aestivum* L.)** na região de Pato Branco-PR. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2010.

CRUZ, J. C. et al. Manejo da cultura do milho em sistema plantio direto. **Embrapa Milho e Sorgo** - Artigo em periódico indexado (ALICE), v.27, n.233, p. 42-53.2006.

CRUZ, J. C. Cultivo do milho – **EMBRAPA**, 2010. Disponível em: < http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/manejomilho.htm >. Acesso em: Nov de 2019.

CRUZ, A. L. B. et al. Similar temperature dependencies of glycolytic enzymes: an evolutionary adaptation to temperature dynamics. *BMC systems biology*, v. 6, n. 1, p. 151, 2012.

CUNHA, G. R. da; CAIERÃO, E. Informações técnicas para trigo e triticales–Safrá 2015: VIII Reunião da comissão brasileira de pesquisa de trigo e triticales. Canela: **Embrapa Trigo**, 2015.

CUNHA, B. A. et al. Influência da época de semeadura na severidade de doenças foliares e na produtividade do milho safrinha. **Summa Phytopathol.**, Botucatu, v. 45, n. 4, p. 424-427, 2019.

CUNHA, G.R.; PIRES, J.L.F.; VARGAS, L. Bases para produção competitiva e sustentável de trigo no Brasil. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. (Ed.). Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2011. Cap. 1, p. 19-26.

CUNHA, G. R. et al.; Regiões de adaptação para trigo no Brasil. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2006. 10 p. Disponível:< http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci20.pdf> Acesso em 06 de jan de 2021.

DUARTE, A.P.; KANTHACK, R.A.D.; SPINOSA, W.; ALLIPRANDINI, L.F. Efeito da geada na produção e qualidade de grãos de milho. In: Seminário sobre a Cultura do Milho "Safrinha, 3., 1995, Assis. Resumos... Campinas: IAC, 1995. p.61-4.

DUARTE, Y. C. N. **Modelos de simulação da cultura do milho-uso na determinação das quebras de produtividade (Yield Gaps) e na previsão de safra da cultura no Brasil.** 2018. 198 p. Dissertação (Mestrado) -. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa Milho e Sorgo 2020.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/57360395/sistema-antecipe-diminui-riscos-de-plantio-para-milho-safrinha>>. Acesso em: 20 Jan. de 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa Soja**, 2018. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em 18 mai. de 2019.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.** Comunicado Técnico nº 92: Boas práticas para o enfrentamento da ferrugem-asiática da soja. Londrina, 2017. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1074899/boas-praticas-para-o-enfrentamento-da-ferrugem-asiatica-da-soja> > Acesso em 18 jan. de 2021.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/33030798/epoca-adequada-de-semeadura-pode-reduzir-perdas-de-productividade-do-trigo>>. Acesso em: jun. de 2020.

EMBRAPA. **Sistemas de Produção: Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil.** 1. Londrina: 2013. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95489/1/SP-16-online.pdf>>. Acesso em 21 mai. de 2019.

EMBRAPA-TRIGO. **EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.** Cultivo de trigo. 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/121834/1/2014-Cultivares-de-trigo-1922.pdf>. Acesso em 05 de jan de 2021.

FAGANELLO, A. et al. Consórcio intercalar trigo-soja. In: **Embrapa Trigo-Resumo em anais de congresso (ALICE).** In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 7.; SEMINÁRIO TÉCNICO DO TRIGO, 8., 2013, Londrina. Resumos...[SI: sn, 2013. Ecologia. 1 CD-ROM., 2013.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, Norman. Ecofisiologia da soja. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2007.

FERREIRA, D. F. Estatística multivariada. Lavras: **Editora Ufla**, 2008. 662 p.

GARCIA, A. Manejo da cultura da soja para alta produtividade. In: CÂMARA, G. M. S.; MARCOS FILHO, J.; OLIVEIRA, E. A. M. Simpósio sobre cultura e produtividade da soja Anais. Piracicaba, FEALQ, 1992.

GARCIA, R. A. et al.; Soybean-corn succession according to seeding date. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 1, p. 22-29, 2018.

HOFFMANN-CAMPO, Clara Beatriz et al. Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado. Londrina: Embrapa soja, 2000.

IAPAR, **INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ**. Sistema de monitoramento agroclimático do Paraná. 2015. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=595>>. Acesso em: 26 Out. 2019.

INMET. **INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA**. Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola / organizador José Eduardo B. A Monteiro. - Brasília, DF: INMET, 2009. Disponível em:<http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/home/publicacoes/agrometeorologia_dos_cultivos.pdf> Acesso em 04 de Julho de 2020.

KLING, A. et al. Management considerations for relay intercropping: I. Wheat. **Agronomy Guide**, 2001.

LAMEGO, F. P. et al.; Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao glyphosate: coberturas de inverno e herbicidas em pré-semeadura da soja. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 433-442, 2013.

LUDWIG, N. P. et al.; Produtividade de grãos da soja em função do manejo de herbicida e fungicidas. **Cienc. Rural** vol. 40 n.7, Santa Maria. Julho, 2010.

MAGALHÃES, P. C. et al.; **Fisiologia do milho**. CEP, v. 35701, p. 970, 2002.

MAPA – **Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento**. Zarc - Sistema de zoneamento de risco climático - Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/zarc/index.htm>> Acesso em: 06 jan. 2021.

MAPA – **Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento**. Seguro Rural - Programa de subvenção ao prêmio de seguro rural - Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/seguro-rural/documentos-seguro-rural/relatorio-geral-psr-2018-v2.pdf>> Acesso em: 06 jan. 2021.

MARCHIORO. Desenvolvimento dos grãos de trigo. Disponível em: <<http://www.marchioro.eng.br/desenvgrao.htm>> Acesso em: 10 de Set. 2019.

MAUCK, J. What is relay intercropping and how does it pay? - PFI Annual Conference 2019. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=7S1hRzBuMz4>> Acesso em: 08 de Mar. 2021.

MESCHEDÉ, D. K.; FERREIRA, A. B.; RIBEIRO JUNIOR, C. C. Avaliação de diferentes coberturas na supressão de plantas daninhas no cerrado. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 465-471, 2007.

NEPOMUCENO, A. L. FARIAS, J.R.B.; NEUMAIER, N. Características da soja. **Embrapa Soja**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_24_271020069131.html>. Acesso em: 18 de mai. 2019.

NETO, D.D. et al.; ROMANO, M.R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.2, n.3, p.63-77, 2003.

OKUYAMA, L. A. Estresses de altas temperaturas e deficiência hídrica em trigo (*Triticum aestivum* L.). Londrina: 2013. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/agrometeorologia/20131099-Calor-A.pdf>. Acesso em: 25 mai. de 2020.

OLIGINI, K. F. Relação entre épocas de semeadura e grupos de maturação de cultivares de soja na viabilidade técnica e econômica do milho safrinha no sul do Brasil. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

OLIVEIRA J. A. ; Estados fenológicos e Marcha de absorção de Nutrientes da soja. **EMBRAPA SOJA**. 2016. Disponível em: <[file:///C:/Users/Rodrigo/Downloads/FOR-Quadro-ESTADIO-SOJA-FINAL%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Rodrigo/Downloads/FOR-Quadro-ESTADIO-SOJA-FINAL%20(2).pdf)> Acesso em: 05 dez. de 2020.

PAULA, J. M. et al.; **Manejo de Conyza bonariensis resistente ao herbicida glyphosate. Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 217-227, 2011.

PEIXOTO, C. P. et al. **Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I.** Componentes da produção e rendimento de grãos. *Scientia agricola*, v. 57, n. 1, p. 89-96, 2000.

PINOTTI, Elvio Brasil. et al. Índice de espigas de dois híbridos de milho em quatro populações de plantas e três épocas de semeadura na safrinha. XII Simpósio nacional Milho Safrinha - EMBRAPA, 2013. Disponível em: <https://www.cpa0.embrapa.br/cds/milhosafriinha2013/PDF/62.pdf>. Acesso em 10 de fevereiro de 2021

PIONNER SEMENTES – Artigos – **Estresses na cultura do milho**. 2004. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/42/estresse-na-cultura-do-milho#:~:text=%C3%89%20por%20isso%20que%20as,baixos%20do%20que%20h%C3%A4bridos%20tardios>>. Acesso em 10 de fevereiro de 2021

PIRES, J. L. F. et al. Consórcio intercalar trigo-soja como estratégia para viabilizar a competitividade dessas culturas no sul do Brasil. In: reunião da comissão brasileira de pesquisa de trigo e triticale, 9.; seminário técnico do trigo, 10., 2015, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Biotrigo Genética: Embrapa Trigo, 2015.

PORTO, Ana Paula F. et al. Variedades de milho a diferentes espaçamentos no Planalto de Vitória da Conquista-BA. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 6, n. 2, 2011.

POSSENTI, J. C. et al. Distribuição da precipitação pluvial em Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. **Seminário de sistemas de produção agropecuária, Gerência de Pesquisa e Pós-Graduação**. Dois Vizinhos: UTFPR. Abstract, p. 140-142, 2007.

PROVENZI, F. D. et al.; Arranjo espacial de plantas em duas cultivares de trigo. **Unoesc & Ciência – ACET**, Joaçaba, v. 3, n. 1, p. 31-36, jan./jun. 2012. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/933140/1/arranjo.pdf>> Acesso em: 19 abril. 2019.

RIBEIRO, G. et al.; **Estresse por altas temperaturas em trigo: impacto no desenvolvimento e mecanismos de tolerância**. 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/2502>>. Acesso em 1 de maio de 2020.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops**. Special Bulletin, Iowa, n. 48. 1993. Disponível em: <https://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/library/maize/www.ag.iastate.edu/departments/agronomy/cornrows.html>. Acesso em: 11 de Dezembro de 2020.

RODRIGUES, O. et al. Rendimento de grãos de soja em resposta à época de semeadura. Embrapa Trigo, 2001.

SANTOS, A. L. F. et al. Eficiência fotossintética e produtiva de milho safrinha em função de épocas de semeadura e populações de plantas. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 5, n. 4, p. 52-60, 2018

SANS, L. M. A.; MORAIS, A. V. C.; GUIMARÃES, D. P. **Zoneamento agrícola**. EMBRAPA. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/AG01_16_168200511157.html. Acesso em: 06/11/2020.

SCHEEREN, P. L.; DE CASTRO, R. L.; CAIERAO, E. **Botânica, morfologia e descrição fenotípica**. Embrapa Trigo-Capítulo em livro científico (ALICE), 2015.

SCHEUER, P. M. et al.; Trigo: características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.2, p.211-222, 2011. Disponível em: < <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev132/Art13211.pdf> > Acesso em 18 abr. 2019.

SEAB. **Secretária de Estado da Agricultura e do Abastecimento**. Sistema de Acompanhamento de Safra Subjetiva - PSS / Relatório PSS Mensal: Cultura por Núcleo Regional. Disponível em:<http://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-06/pss_1819_2020_06_22.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2020.

SILVA, P. R. F. et al. **Adequação da densidade de plantas à época de semeadura em milho irrigado**. Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v. 9, n. 1, p. 48-57, 2010.

SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Ecofisiologia e fenologia das culturas do milho e do sorgo. In: PARFITT, J.M.B. (coord.) Produção de milho e sorgo na varzea. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p.07-18.

SIQUEIRA, O.J.W.; STEINMETZ, S.; SALLES, L.A.B. de. Efeitos potenciais das mudanças climáticas na agricultura brasileira e estratégias adaptativas para algumas culturas. In: LIMA,

M.A.; CABRAL, O.M.R.; MIGUEZ, J.D.G. Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p.33-63.

STÜLP, M. et al. **Agronomic traits and seed yield produced in the soybean- corn crop in succession cropping.** Acta Scientiarum. Agronomy, v. 32, n. 4, p. 651-661, 2010.

TSUNECHIRO, A.; GODOY, R. C. B. Historico e perspectivas do milho safrinha no Brasil. In: SHIOGA, P. S.; BARROS, A. S. R. (Coords.). A cultura do milho safrinha. Londrina: IAPAR, 2001. p. 1-10.

UATE, J. V. et al. Épocas de semeadura e distribuição espacial de plantas na produção de milho. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 14, n. 3, p. 346-357, 2015.

WALLACE, S. U. et al. Growth of relay intercropped soybean. Agronomy journal, v. 84, n. 6, p. 968-973, 1992.

Wheat School: Relay intercropping trials and tribulations. Disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=ST_1WTWVpQ0> Acessado em 25/01/2021.

ZHANG, Qiu-ying. et al. Influence of sowing date on phenological stages, seed growth and marketable yield of four vegetable soybean cultivars in North-eastern USA. African Journal of Agricultural Research, v. 5, n. 18, p. 2556-2562, 2010.

ANEXOS

ANEXO 1 – Custos variáveis com insumos agrícolas para o trigo

Classe	produtos comercial	Dose (Kg ha ⁻¹) ou (p.c. ha ⁻¹)	Nº de Aplicações	Valor (R\$/L/kg)	Valor (R\$ ha ⁻¹)
Trigo Safra 2019					
Semente de trigo	C.v. Sinuelo Ts. Cruizer + Maxim	150 kg	1	3,00	450,00
Fertilizante	N-P-K 05-20-10	312 kg	1	1,70	530,40
Nitrogênio Cobertura	Uréia – 45% N	150 kg	1	1,64	246,00
Herbicidas	Hussar (<i>Iodosulfuron metílico</i>) 600g	100 g	1	480,00	80,00
Herbicidas	Ally 40g (<i>Metsulfuron metílico</i>)	7 g	1	1,00	7,00
Inseticida	Engeo Pleno S (<i>Tiametoxan + Lambda cialotrina</i>)	100 mL	2	165,00	33,00
Fungicida	Aproach Prima (<i>Picoxistrobina +Ciproconazol</i>)	350 mL	2	170,00	119,00
Total (R\$)					1.465,40
Trigo Safra 2020					
Semente de trigo	C.v. Sinuelo Ts. Cruizer + Maxim	150 kg	1	3,25	487,25
Fertilizante	N-P-K 05-20-10	312 kg	1	1,87	583,44
Nitrogênio Cobertura	Uréia – 45% N	150 kg	1	1,90	285,00
Herbicidas	Hussar (<i>Iodosulfuron metílico</i>) 600g	100 g	1	540,00	90,00
Herbicidas	Ally 40g (<i>Metsulfuron metílico</i>)	7 g	1	1,00	7,00
Inseticida	Engeo Pleno S (<i>Tiametoxan + Lambda cialotrina</i>)	100 mL	2	185,00	37,00
Fungicida	Aproach Prima (<i>Picoxistrobina +Ciproconazol</i>)	350 mL	2	190,00	133,00
Total R\$):					1.622,69

p.c.: Produto Comercial; C.v.:Cultivar; TS: Tratamento de Sementes.

ANEXO 2 – Tabela de Custos Operacionais (COT) do Trigo

Operação Agrícola	Custo por Hectare
Trigo Safra 2019	
Semeadura do Trigo (Semeadora de porte médio 9 a 10 Linhas + Trator médio 120 cv)	100,00
Aplicação de Ureia (espalhador a lanço)	35,00
1º Aplicação de herbicida	35,00
1º Aplicação de Fungicida + Inseticida	35,00
2º Aplicação de Fungicida + Inseticida	35,00
*Colheita do trigo + frete de entrega (+- 10% da colheita).	350,00
Total (R\$):	590,00
Trigo Safra 2020	
Semeadura do Trigo (Semeadora de porte médio 9 a 10 Linhas + Trator médio 120 cv)	100,00
Aplicação de Ureia (espalhador a lanço)	35,00
1º Aplicação de herbicida	35,00
1º Aplicação de Fungicida + Inseticida	35,00
2º Aplicação de Fungicida + Inseticida	35,00
*Colheita do trigo + frete de entrega (+- 10% da colheita).	450,00
Total (R\$):	690,00

*Preços das colheitas são baseadas em porcentagem da área colhida, multiplicado pelo valor da saca de trigo de cada ano. Valor das aplicações, calculado com pulverizador de araste.

ANEXO 3 – Custos variáveis com insumos agrícolas para a soja

Classe	Produtos Comercial	Dose (Kg ha ⁻¹) ou (p.c. ha ⁻¹)	Nº de Aplicações	Valor (R\$/L/kg)	Valor (R\$ ha ⁻¹)
Soja Safra 2019/20					
Semente de Soja	C.v. BMX Zeus Ts. Cruizer + Maxim	80 kg	1	6,50	520,00
Fertilizante	N-P-K 05-25-12	400 kg	1	1,80	720,00
Herbicidas	Roundup Original (glifosate) 445 g i.a.	2 L	1	14,00	28,00
Herbicidas	Reglone – Dessecação (Diquat) 200g i.a.	2 L	1	24,00	48,00
Inseticida	Galil (Bifentrina + Imidacloprido)	350 mL	3	115,00	120,75
Fungicida	Fox (Trifloxistrobina + Protiocanazol)	400 mL	1	240,00	96,00
Fungicida	Elatus (Azoxistrobina + Benzovindiflupir)	250 g	2	440,00	220,00
Fungicida	Unizeb Gold (Mancozeb)	2 kg	2	20,00	80,00
Adjuvantes	Óleo Espalhante	0,4 L	5	15,00	30,00
Total (R\$):					1.862,75
Soja safra 2020/21					
Semente de Soja	C.v. BMX Zeus Ts. Cruizer + Maxim	80 kg	1	8,50	680,00
Fertilizante	N-P-K 05-25-12	400 kg	1	1,96	784,00
Herbicidas	Roundup Original (glifosate) 445 g i.a.	2 L	1	18,00	36,00
Herbicidas	Reglone – Dessecação (Diquat) 200g i.a.	2 L	1	30,00	60,00
Inseticida	Galil (Bifentrina + Imidacloprido)	350 mL	3	125,00	131,25
Fungicida	Fox (Trifloxistrobina + Protiocanazol)	400 mL	1	280,00	112,00
Fungicida	Elatus (Azoxistrobina + Benzovindiflupir)	250 g	2	480,00	240,00
Fungicida	Unizeb Gold (Mancozeb)	2 kg	2	24,00	96,00
Adjuvantes	Óleo Espalhante	0,4 L	5	17,00	34,00
Total (R\$):					2.173,25

p.c.: Produto Comercial; C.v.: Cultivar; TS: Tratamento de Sementes.

ANEXO 4 – Tabela de Custos Operacionais (COT) da Soja.

OPERAÇÃO AGRÍCOLA	CUSTO POR HECTARE
Soja Safra 2019/20	
Semeadura da Soja (Semeadora de porte médio 9 a 10 Linhas + Trator médio 120 cv)	125,00
1º Aplicação de herbicida	35,00
1º Aplicação de Fungicida + Inseticida	35,00
2º Aplicação de Fungicida + Inseticida	35,00
3º Aplicação de Fungicida + Inseticida	35,00
Dessecação Pré-Colheita	35,00
*Colheita da Soja + frete de entrega (+- 7% da colheita).	400,00
Total (R\$):	700,00
Soja safra 2020/21	
Semeadura da Soja (Semeadora de porte médio 9 a 10 Linhas + Trator médio 120 cv)	125,00
1º Aplicação de herbicida	35,00
1º Aplicação de Fungicida + Inseticida	35,00
2º Aplicação de Fungicida + Inseticida	35,00
3º Aplicação de Fungicida + Inseticida	35,00
Dessecação Pré-Colheita	35,00
*Colheita da Soja + frete de entrega (+- 7% da colheita).	600,00
Total (R\$):	900,00

*Preços das colheitas são baseadas em porcentagem da área colhida, multiplicado pelo valor da saca de trigo de cada ano. Valor das aplicações, calculado com pulverizador de araste.

ANEXO 5 – custos variáveis com insumos agrícolas para o milho safrinha

Classe	Produtos Comercial	Dose (Kg ha ⁻¹) ou (p.c. ha ⁻¹)	Nº de aplicações	Valor (R\$/L/kg)	Valor (R\$ ha ⁻¹)
Milho Safrinha 2020					
Semente de Milho	1,1 Pacote de milho (P3380HR)	20 kg (66.000 plantas)	1	550	605,00
Fertilizante	N-P-K 02-18-18	300 kg	1	1,72	516,00
Nitrogênio Cobertura	Uréia – 45% N	100 kg	1	1,90	190,00
Herbicidas	Herbitrin (<i>Atrazina</i>) 500 g i.a.	5 L	1	15,00	75,00
Inseticida	Connect (<i>Imidacloprido+Beta-ciflutrina</i>)	750 mL	1	40,00	30,00
Fungicida	Aproach Prima (<i>Picoxistrobina +Ciproconazol</i>)	400 mL	1	170,00	68,00
Adjuvantes	Óleo Espalhante	0,5 L	2	16,00	16,00
Total (R\$):					1.500,00

p.c.: Produto Comercial; C.v.:Cultivar; TS: Tratamento de Sementes.

ANEXO 6 – Tabela de Custos Operacionais (COT) do Milho Safrinha.

Operação Agrícola	Custo Por Hectare
Milho safra 2020	
Semeadura do Milho Safrinha (Semeadora de porte médio 9 a 10 Linhas + Trator médio 120 cv)	160,00
1º Aplicação de herbicida	35,00
Aplicação de Ureia (espalhador a lanço)	35,00
1º Aplicação Inseticida	35,00
1º Aplicação de Fungicida	35,00
*Colheita da Soja + frete de entrega (+- 8% da colheita).	600,00
Total (R\$):	900,00

*Preços das colheitas são baseadas em porcentagem da área colhida, multiplicado pelo valor da saca de trigo de cada ano. Valor das aplicações, calculado com pulverizador de araste.