

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

KARINE FUSCHTER OLIGINI

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE MODELOS DE PRODUÇÃO
AGRÍCOLA EM LONGO PRAZO**

TESE

PATO BRANCO

2023

KARINE FUSCHTER OLIGINI

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE MODELOS DE PRODUÇÃO
AGRÍCOLA EM LONGO PRAZO**

**TECHNICAL AND ECONOMIC VIABILITY OF LONG-TERM CROP
PRODUCTION MODELS**

Tese 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 Doutora em Agronomia - Área de Concentração: Solos E Sistemas Integrados De Produção Agropecuária.

Orientador: Prof^o. Dr. Paulo Fernando Adami
Co-Orientador: Prof^o. Dr. Paulo César Conceição

PATO BRANCO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

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



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco



KARINE FUSCHTER OLIGINI

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE MODELOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA EM LONGO PRAZO

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

Data de aprovação: 28 de Fevereiro de 2023

Dr. Paulo Fernando Adami, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Alvadi Antonio Balbinot Junior, Doutorado - Embrapa

Dr. Amarildo Antonio Tessaro, Doutorado - União de Ensino do Sudoeste do Paraná (Unisep)

Laercio Ricardo Sartor, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Lucas Da Silva Domingues, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 01/03/2023.

*“Dedico este trabalho aos meus pais Salete e Gilmar,
e a todos que vieram antes de mim.”*

AGRADECIMENTOS

O quão feliz é uma pessoa depende da profundidade de sua gratidão.

(John Miller)

Primeiramente, sou imensamente grata á Deus pela dádiva da vida, pela força, esperança e amor diário.

Agradeço aos meus pais, Gilmar Oligini e Salete F. Oligini; aos meus irmãos Luiza, Izadora e Eduardo, que sempre me apoiaram e acreditaram em mim, obrigada por todo amor, incentivo e compreensão.

Meu pai e minha mãe que nunca mediram esforços para me ajudar, me auxiliaram na colheita e avaliação do experimento, entre tantas outras coisas, que aqui não caberia.

Ao meu namorado Daniel, obrigada pela paciência, amor, ajuda e pelo apoio diário em todas as etapas.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Fernando Adami, gratidão pela orientação, paciência, otimismo, pelos sábios ensinamentos, e pela amizade constuída ao longo desses anos. Sou grata de coração!

Agradeço ao meu colega de doutorado Vanderson Vieira Batista pelos anos de parceria e amizade, á Nilva Mariléia Alves, por toda ajuda.

Também, sou imensamente grata aos colegas Jeferson, Luara, Joyce, e os demais que auxiliaram no desenvolvimento do experimento em algum momento.

Não poderia deixar de agradecer ao terceirizado da UTFPR, em especial ao Side, por toda ajuda com os equipamentos, aplicações de insumos e manejos necessários, além das conversas, conselhos e risadas.

Agradeço as pessoas que, direta ou indiretamente, me apoiaram, acreditaram em mim e me ajudaram ao longo desta etapa da minha vida.

Ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES – DS), pela concessão da bolsa de estudos.

Muito obrigada!

RESUMO

OLIGINI, Karine F. Viabilidade técnica e econômica de modelos de produção agrícola em longo prazo. 184 f. Tese (Doutorado 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, 2023.

O objetivo geral do presente trabalho foi identificar modelos de produção superiores quanto à viabilidade técnica e econômica no sudoeste do Paraná e entender seus benefícios e limitações nos aspectos agronômicos e econômicos. O estudo foi conduzido na estação experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, sobre Latossolo Vermelho Distroférrico, durante a safra 2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021. Trata-se de um experimento com quatro sistemas de produção, em esquema fatorial 4x6, em delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e três repetições, sendo dois sistemas de sucessão de culturas (milho-soja/feijão e plantas de cobertura, e soja-milho/feijão e plantas de cobertura) e dois sistemas de rotação de cultura (incluindo feijão na safra e trigo no inverno). O fator A se refere às estratégias de uso das parcelas na 1ª safra de verão e o fator B, nas subparcelas o manejo da 2ª safra de verão e entressafra, totalizando 24 modelos. Em relação às plantas de cobertura cultivadas na 2ª safra de verão, o *Panicum glaucum* apresentou a maior precocidade e produtividade, sendo indicado para cobertura do solo em curtas entressafras, quando a semeadura é posicionada no verão e no outono. A matéria seca total de todas as espécies de cobertura é reduzida à medida que o período de semeadura vai de fevereiro a março. *Urochloa brizantha* e *Crotalaria juncea* são mais viáveis para períodos de entressafra superiores a 90 dias. A produtividade das plantas de cobertura é influenciada pela cultura antecessora, sendo mais produtivas em sucessão à soja no verão. O *Dolichos lablab* apresentou a menor produtividade de biomassa em relação as espécies de cobertura quando cultivado na sucessão ao milho. A biomassa do arranjo de *P. glaucum* na segunda safra + *Raphanus sativus* no inverno (19.489,87 e 20.615,44 kg MS ha⁻¹ safra 2019 e 2020 respectivamente) aponta superioridade em relação às demais espécies, tanto na sucessão de soja quanto de milho primeira safra, ainda, em termos de biomassa total, considerando o acúmulo de biomassa dos três cultivos (verão, outono e inverno) o arranjo de milho, *P. glaucum* e *Avena strigosa* + *R. sativus* foi o tratamento que se destacou, totalizando 32,6; 35,5 e 26,2 t MS ha⁻¹ nas safras 2018/19; 2019/20 e 2020/21 respectivamente. Com base no fator produtividade, basicamente 1º safra, demonstrou ser mais produtiva e rentável em relação 2º safra na maioria dos modelos produtivos, apresentando maior contribuição na lucratividade. Nos três anos de cultivo, o índice de lucratividade (IL%) das espécies de cobertura demonstraram resultados econômicos semelhantes aos obtidos com cultivos somente de plantas com viés comercial, no entanto, ao levar em conta o lucro operacional (LO R\$ ha⁻¹), o uso de culturas comerciais na segunda safra de verão se torna mais lucrativo do que somente plantas de cobertura. Tratando de lucratividade o *P. glaucum* e *C. juncea* foram as espécies que se destacaram entre as demais. Em termos econômicos, o modelo de produção com o melhor desempenho (LO de R\$ 29.601 ha⁻¹) foi a rotação feijão-milho-soja na 1ª safra de verão com soja-soja-milho na 2ª safra de verão, respectivamente, mais aveia+nabo na sequência ao longo dos três anos agrícolas. O maior IL (62,20%) foi apresentado no sistema de sucessão com soja-milho-aveia. De modo geral, o ideal é buscar o equilíbrio produtivo, adotando parte da área com plantas de cobertura, protegendo o solo e a outra parte com culturas comerciais.

Palavras-chave: *Glycine max*; *Zea mays*; *Phaseolus vulgaris*; consórcio; indicadores econômicos; lucro.

ABSTRACT

OLIGINI, Karine Fuschter. Technical and economic feasibility of long-term crop production models. 188 f. Thesis (Doctorate in Agronomy) – Postgraduate Program in Agronomy (Concentration Area: Soils and Integrated Agricultural Production Systems.), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2023.

The general objective of the present work was to identify superior production models in terms of technical and economic viability in southwestern Paraná and to understand their benefits and limitations in agronomic and economic aspects. The study was conducted at the experimental station of the Federal Technological University of Paraná, Campus Dois Vizinhos, on Distroferric Red Latosol, during the 2018/2019, 2019/2020 and 2020/2021 harvests. This is an experiment with four production systems, in a 4x6 factorial scheme, in a randomized block experimental design with subdivided plots and three replications, with two crop succession systems (corn-soybeans/beans and cover crops, and soy-corn/beans and cover crops) and two crop rotation systems (including beans in harvest and wheat in winter). Factor A refers to the strategies for using the plots in the 1st summer crop and factor B, in the subplots, the management of the 2nd summer crop and off-season, totaling 24 models. In relation to cover crops cultivated in the 2nd summer crop, *Panicum glaucum* showed the highest precocity and productivity, being indicated for soil cover in short periods between harvests, when sowing is positioned in summer and autumn. The total dry matter of all cover species is reduced as the sowing period lasts from February to March. *Urochloa brizantha* and *Crotalaria juncea* are more viable for off-season periods longer than 90 days. The productivity of cover crops is influenced by the predecessor crop, being more productive in succession to soybeans in the summer. *Dolichos lablab* showed the lowest biomass productivity in relation to cover species when grown in succession to maize. The biomass of the arrangement of *P. glaucum* in the second harvest + *Raphanus sativus* in the winter (19,489.87 and 20,615.44 kg DM ha⁻¹ harvest 2019 and 2020 respectively) points to superiority in relation to the other species, both in the succession of soybean and corn first crop, still, in terms of total biomass, considering the biomass accumulation of the three crops (summer, autumn and winter) the arrangement of corn, *P. glaucum* and *Avena strigosa* + *R. sativus* was the treatment that stood out, totaling 32.6; 35.5 and 26.2 t DM ha⁻¹ in the 2018/19 seasons; 2019/20 and 2020/21 respectively. Based on the productivity factor, basically the 1st harvest proved to be more productive and profitable compared to the 2nd harvest in most production models, showing a greater contribution to profitability. In the three years of cultivation, the profitability index (IL%) of the cover species showed economic results similar to those obtained with cultivations only of plants with a commercial bias, however, when taking into account the operating profit (LO R\$ ha⁻¹), the use of cash crops in the second summer crop becomes more profitable than cover crops alone. Dealing with profitability, *P. glaucum* and *C. juncea* were the species that stood out among the others. In economic terms, the production model with the best performance (LO of R\$ 29,601 ha⁻¹) was the bean-corn-soybean rotation in the 1st summer crop with soybean-soybean-corn in the 2nd summer crop, respectively, more oats+radish in sequence over the three agricultural years. The highest IL (62.20%) was presented in the succession system with soy-corn-oats. In general, the ideal is to seek a productive balance, adopting part of the area with cover crops, protecting the soil and the other part with commercial crops.

Keywords: *Glycine max*; *Zea mays*; *Phaseolus vulgaris*; consortium; economic indicators; profit.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modelo conceitual do estudo.....	13
Figura 2 - Área experimental em 2018, antes do início do estabelecimento do experimento (A) e em 2019 com o experimento estabelecido e em andamento (B). Na figura C é possível observar as 12 parcelas principais que compõe as três repetições de cada um dos 4 sistemas de produção e na figura D está apresentado as subparcelas na segunda safra de verão. UTFPR – Pato Branco – PR, 2023.....	38
Figura 3 - Dados meteorológicos de temperatura média e precipitação e verificados durante o período do experimento. UTFPR – Pato Branco – PR, 2023.....	39
Figura 4 - Desenvolvimento das plantas de cobertura no mês de março e mês de maio. UTFPR – Pato Branco – PR, 2023.....	44
Figura 5 - Semeadura de aveia + nabo sobre as plantas de cobertura de 2º safra nos tratamentos com milho safra e desenvolvimento de aveia solteira e consórcio aveia + nabo. UTFPR – Pato Branco – PR, 2023.....	45
Quadro 1: Relação das culturas, cultivares/híbridos e data de semeadura utilizadas em cada sistema de produção na 1ª e 2ª safra de 2018/2019; 2019/2020 e 2020/2021. UTFPR, Pato Branco, PR, 2023.....	43

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Análise química do solo, caracterizando os teores de potássio (K), fosforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), matéria orgânica (MO), saturação de bases (SB), pH, H +Al e V% de análise de solo, coleta realizada de 0 - 10 e 10- 20 cm de profundidade. UTFPR – Pato Branco – PR, 2023.....40**
- Tabela 2 - Espécies utilizadas nos 4 sistemas de produção de grãos ao longo do período de três anos agrícolas. UTFPR – Pato Branco – PR, 2023.....41**
- Tabela 3 - Datas de semeadura, avaliação e período de permanência no campo de aveia solteira e consórcio aveia + nabo cultivados na entressafra de 2018/2019 e 2019/2020. UTFPR – Pato Branco – PR, 2023.....48**
- Tabela 4 - Preço de venda de soja, milho, feijão e trigo de acordo com a SEAB/DERAL para o município de Dois vizinhos/PR nas safras 2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021. UTFPR – Pato Branco – PR, 2023.....53**
- Tabela 5 - Altura das plantas de cobertura (cm) nas diferentes épocas de semeadura em relação à data de avaliação na segunda safra de verão de 2019 e 2020. UTFPR, Pato Branco, 2023.....58**
- Tabela 6 - Massa seca de plantas de cobertura (kg ha-1) em diferentes épocas de semeadura em relação à data de avaliação. UTFPR, Pato Branco, 2023.....62**
- Tabela 7 - Produção de massa seca das espécies de cobertura em cada período de avaliação em função da cultura antecessora. Pato Branco, PR, UTFPR, 2023.....70**
- Tabela 8 - Produção total de massa seca de plantas de cobertura de verão+inverno. Pato Branco, PR, UTFPR, 2023.....74**
- Tabela 10 – Produtividade, biomassa das culturas na safra verão, outono/inverno, entressafra (inverno) e biomassa total (2019/2020). UTFPR, Pato Branco, 2023.....87**
- Tabela 11 – Produtividade, biomassa das culturas na safra verão, outono/inverno, entressafra (inverno) e biomassa total (2020/2021). UTFPR, Pato Branco, PR, 2023.....93**
- Tabela 12– Indicadores econômicos de três anos safras (2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021). UTFPR-Pato Branco, PR, 2023.....101**
- Tabela 13 – Indicadores econômicos de três anos safras por sistema de produção (2018/2019; 2019/2020 e 2020/2021). UTFPR-Pato Branco, PR, 2023.....109**

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SIMBOLOS

ADAPAR	Agência de Defesa Agropecuária do Paraná
°C	grau celsius
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
Cm	Centímetro
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
K	Elemento químico - Potássio
kg ha ⁻¹	Quilograma por hectare
kg	Quilograma
t	Tonelada
Mg	magnésio
M.O	Matéria orgânica
mg dm ⁻³	Miligrama por decímetro cúbico
PR	Unidade da Federação – Paraná
P	Elemento químico – Fósforo
SEAB	Secretária de Estado da Agricultura e do Abastecimento
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
V	Saturação por bases
COE	Custo Operacional Efetivo
GM	Grupo de maturação
IL	Índice de Lucratividade
LO	Lucro Operacional
MB	Margem Bruta
PN	Ponto de Nivelamento
Prod	Produtividade
PE	Preço de Equilíbrio
UE	Unidade Experimental
RB	Receita Bruta
VYH	Leptra

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos.....	15
1.1.1 Objetivos Geral.....	15
1.1.2 Objetivos Especificos.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 Modelos de Produção Agrícola.....	16
2.1.1 Sucessão de culturas	17
2.1.2 Rotação de culturas.....	19
<u>2.1.2.1 Cultura do Milho (<i>Zea mays</i> L)</u>	<u>20</u>
<u>2.1.2.2 Cultura da Soja (<i>Glycine max</i>).....</u>	<u>21</u>
<u>2.1.2.3 Cultura do Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....</u>	<u>23</u>
<u>2.1.2.4 Cultura do Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)</u>	<u>24</u>
2.2 Plantas de Cobertura	26
2.2.1 Crotalária Juncea (<i>Crotalaria juncea</i> L.)	28
2.2.2 Feijão lablab (<i>Dolichos lablab</i> L.).....	20
2.2.3 Milheto (<i>Pennisetum americanum</i>)	30
2.2.4. <i>Brachiaria spp</i>	31
2.2.5 Aveia Preta (<i>Avena strigosa</i> S.).....	32
2.2.6 Nabo forrageiro (<i>Raphanus sativus</i>).....	32
2.2.7 Consórcio de plantas de cobertura.....	33
2.3 Viabilidade econômica dos modelos de produção agrícola.....	34
3 MATERIAL E MÉTODOS	38
3.1 Localização e caracterização da área experimental	38
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	41
3.3 Implantação e condução do experimento	43
3.1.1 Culturas de grãos.....	43
3.1.2 Plantas de cobertura.....	45
3.4 Determinações de produtividade de grãos	46
3.5 Avaliação do acúmulo de biomassa das plantas de cobertura.....	48
3.5.1 Rendimento das Plantas de Cobertura como Segunda Safra de Verão em Função das Épocas de Semeadura.....	50
3.5.2 Efeito da Cultura Antecessora sobre a Produção de Biomassa de Plantas de Cobertura.....	51

3.6 Avaliações econômicas dos sistemas	52
3.6.1 Avaliação dos custos de produção e indicadores de desempenho econômico	522
3.7 Análise estatística.....	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.1 Plantas de cobertura.....	56
4.1.1 Rendimento das Plantas de Cobertura como Segunda Safra de Verão em Função das Épocas de Semeadura	56
4.1.2 Efeito da Cultura Antecessora sobre a Produção de Biomassa de Plantas de Cobertura.	68
4.2 Modelos de produção	78
4.2.1 Viabilidade técnica dos modelos de produção	78
4.2.2 Viabilidade econômica dos modelos de produção.....	99
<u>4.2.2.1 Avaliação dos resultados econômicos dos modelos de produção/tratamentos utilizados</u>	<u>99</u>
<u>4.2.2.2 Análise do desempenho econômico dos sistemas de produção</u>	<u>108</u>
CONCLUSÕES.....	113
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
APÊNDICE	128

1 INTRODUÇÃO

É fato que para as próximas décadas haverá maior demanda por produtos agropecuários, portanto a agricultura tende a seguir em intenso desenvolvimento, em que os sistemas produtivos seguirão cada dia mais tecnificados e focados na pesquisa para elevação da produção de forma sustentável, gerando competitividade para inserção de *commodities* no mercado internacional, impactando diretamente na vida do produtor no campo com a agregação de trabalho e renda (RAIHER et al., 2016).

Nesse cenário, a região sul do Brasil se destaca como uma grande detentora da participação no setor agropecuário, com uma das mais elevadas produtividades do país, com destaque para o estado do Paraná (RAIHER et al., 2016). Em termos econômicos, tratando de culturas, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e o milho (*Zea Mays*) são o destaque nacional, com os maiores faturamentos agrícolas e assim essenciais para a manutenção da balança econômica do país (MAPA, 2021).

Devido essa representatividade econômica da soja e do milho, essas culturas vêm sendo adotadas em modelo de sucessão de culturas com a combinação de soja safra e o milho segunda safra ou safrinha, justificado além do atrativo comercial e econômico, pelo fato de serem culturas que se complementam. Em termos agrônômicos, como as culturas diferem entre si pelas famílias, o arranjo de produção tende a provocar a quebra no ciclo de vida de insetos e contribui para diminuição do inóculo de doenças, principalmente o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), Antracnose (*Colletotrichum truncatum*) e *Cercospora sojina* (mancha olho-de-rã).

No entanto, segundo Adami *et al.* (2020), a adoção massiva da sucessão soja/milho safrinha, tende a favorecer o surgimento e disseminação de problemas agrícolas como insetos pragas, doenças e plantas daninhas, o que provavelmente venha a gerar novos casos de resistência devido a elevada pressão de seleção imposta. Além disso, este modelo produtivo estabelece um intervalo muito curto (60 a 70 dias) para o cultivo de plantas de cobertura, como aveia (*Avena sativa* L.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), o que desafia a viabilidade do cultivo destas espécies, e faz com que a maioria das áreas fique em pousio durante este período, afetando os aspectos de qualidade do solo, onde a falta de palhada prejudica a fertilidade, assim como fatores de proteção do solo do impacto da gota da chuva e armazenamento de água. Diante destes fatos, o sistema de sucessão requer uma abordagem complexa e muito bem planejada e avaliada (GALVÃO *et al.*, 2015).

Nesse contexto, é necessário avaliar combinações de rotação de culturas com plantas,

como milho/soja, feijão/milho, trigo/soja, uso de plantas de cobertura no verão e consórcio de cobertura no inverno, entre tantas outras combinações entre culturas e épocas de semeadura possíveis de acordo com cada região, as quais devem buscar benefícios nos quesitos que envolvem as funções físicas do solo, além de suprimir o banco de sementes de plantas daninhas de difícil controle remanescentes da cultura da soja. Por exemplo, quando a cultura do milho é semeada em um sistema de rotação e não de sucessão, sendo bem planejados, os resultados serão rentáveis e sustentáveis no longo prazo (JANDREY *et al.*, 2018).

A rotação de culturas é uma prática de manejo importante para manter o equilíbrio produtivo diante das variações climáticas frequentemente observadas no Paraná, assim a adoção de espécies com viés grãos e/ou cobertura do solo, agregam renda diversificada à propriedade, proporcionando maior segurança de mercado e maior estabilidade frente às adversidades climáticas. Desta forma, modelos de produção que adotam a diversificação de culturas tornam-se ferramentas vantajosas sob a perspectiva econômica de médio a longo prazo (FRANCHINI, 2011).

Acredita-se que a rotação de culturas, o cultivo consorciado, o uso de plantas de cobertura nas entressafras e no período de safrinha sejam importantes ferramentas de intensificação sustentável. Da mesma forma, compreender as cadeias produtivas, os custos de produção, o lucro e os riscos dentro do mercado agrícola relacionados com o desenvolvimento econômico, social e com viés sustentável é algo determinante para a manutenção deste setor (ZANELLA; LEISMANN, 2017).

Ao avaliar e comparar os sistemas de rotação versus sucessão de culturas, com uso de soja na safra verão e plantas de cobertura em três safras no estado de São Paulo, Mello (2015), observou que o uso da rotação de culturas foi superior à sucessão em termos econômicos, onde a rotação gerou índices de lucratividade de 74,4%, 94,9% e 29,6% superiores aos sistemas de sucessão de culturas, gerando elevação de produtividade de 8, 18 e 4 sacas por hectare, respectivamente.

Volsi *et al.* (2021), ao estudarem no noroeste do estado do Paraná, sistemas de rotação de culturas com adoção da diversificação de soja, milho, feijão, cultivares de trigo, aveia preta, canola, centeio, crambe, nabo forrageiro, sorgo, tremoço, trigo mourisco e triticale, observaram que o modelo de rotação que adotou a maior diversidade de espécies, resultou em maior lucratividade em 3 safras. Resultados como estes evidenciam que além da herança biológica diferente que as plantas deixam ao solo em um sistema de rotação com diversas espécies, elas também tornam o sistema lucrativo, tendo a disposição os serviços sistêmicos e as inúmeras possibilidades de uso das plantas de cobertura e com lucratividade.

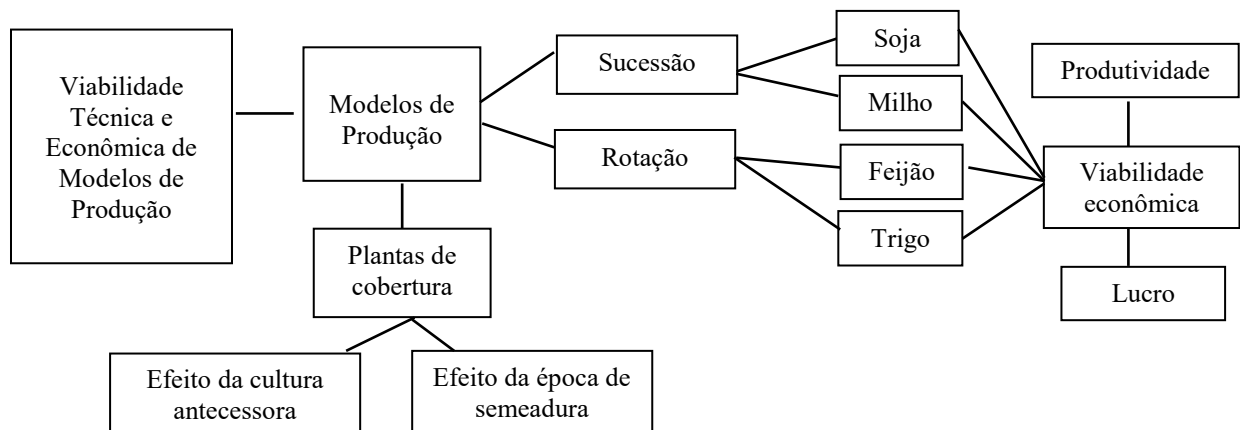
Segundo Carvalho *et al.* (2016), o acompanhamento financeiro de toda a atividade agrícola permite a obtenção de dados para tomadas de decisão e verificar a rentabilidade e viabilidade de futuros arranjos produtivos. A análise de viabilidade econômica das atividades de um projeto é o primeiro instrumento a ser mensurado para tomada de decisão sobre o investimento, apresentando os pontos positivos e negativos do sistema (SEIBERT *et al.*, 2014).

De modo geral, são escassos os trabalhos disponíveis na literatura que abordem resultados econômicos de modelos de produção agrícola, analisando o uso de rotação de culturas versus sucessão de culturas para a região sudoeste do Paraná, com uso de plantas de cobertura, e seus efeitos além de econômicos, no viés qualidade do solo. Nesse contexto, novos estudos avaliando as combinações de espécies são mais eficientes, a curto, médio e longo prazos, assim como, a época adequada para manejar as plantas de cobertura e suas interações com a química do solo e a cultura antecessora, podem auxiliar os agricultores e técnicos na tomada de decisão diante da viabilidade e serviços sistêmicos dos sistemas de produção.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnica e econômica de quatro modelos de produção baseados em dois sistemas de sucessão de cultura e dois de rotação de culturas, com o uso de espécies para produção de grãos na safra e/ou planta de cobertura, na segunda safra de verão, totalizando 24 sistemas de produção, utilizados nas safras 2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021.

Para um melhor entendimento da organização do trabalho, segue abaixo um modelo conceitual do estudo em questão (Figura 1). Com base nesse mapa conceitual o estudo foi estruturado.

Figura 1: Modelo conceitual do trabalho. UTFPR, Campus Pato Branco, 2023.



Fonte: O autor (2023).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Identificar modelos de produção superiores quanto à viabilidade técnica e econômica no sudoeste do Paraná, verificando o efeito de quatro diferentes sistemas de produção em três anos agrícolas, e entender seus benefícios e limitações considerando aspectos agronômicos e econômicos.

1.1.2 Objetivos Específicos

Analisar o crescimento e produtividade das plantas de cobertura estabelecidas na 2ª safra de verão (safrinha) e entressafra de inverno;

Verificar se ocorre efeito da cultura antecessora e da época de semeadura sobre a produtividade de biomassa de plantas de cobertura e culturas de grãos;

Verificar se o uso de plantas de cobertura entrega benefícios ao sistema ao ponto de compensar a não remuneração imediata com cultivo comercial de grãos na 2ª safra verão;

Avaliar a viabilidade técnica e econômica de diferentes modelos de produção dispostos em sucessão e rotação de culturas adotando culturas como a soja, milho e feijão na safra e safrinha, assim como, plantas de cobertura na 2ª safra de verão e entressafra em três anos agrícolas.

Obter o modelo/sistema mais equilibrado em termos de lucratividade e sustentabilidade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MODELOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA

No Brasil, devido ao clima favorável, é possível empregar diversos sistemas de produção agrícola, os quais ao longo da história estão sendo aprimorados e tecnificados, permitindo a introdução de diferentes combinações de culturas. Entre os sistemas mais comuns, estão: monocultura, que adota o cultivo contínuo de uma mesma cultura; sucessão que intercala duas culturas ao longo das safras; rotação de culturas, que se baseia no processo de intercalar diferentes culturas/espécies em uma mesma área ao longo das safras de acordo com as condições edafoclimáticas; sistemas consorciados, os quais aliam duas culturas simultaneamente na mesma área, e os chamados sistemas de integração, ou ainda sistemas agroflorestais, os quais se baseiam na junção de culturas florestais com agrícola e pecuária, com várias modalidades de arranjos em diferentes intensidades de manejo, exigências ecológicas e produto final (MICCOLIS *et al.*, 2016; PADOVAN e CARDOSO, 2013).

Cada sistema de produção gera um impacto ao ambiente e ao solo. Por exemplo, cultivos que optam apenas por uma ou duas culturas de interesse comercial/exclusivamente de grãos ao longo das safras, podem gerar perdas a fertilidade, biologia e física do solo, predispondo um solo com limitada fertilidade e capacidade de infiltrar e armazenar água (redução da porosidade), ainda, sistemas de monocultura e sucessão podem ser mais suscetíveis à presença de pragas, doenças e plantas daninhas (EMBRAPA, 2007, ADAMI, 2020), as quais podem gerar problemas de resistências aos seus produtos de controle.

A desmotivação pela adoção do sistema de monocultura cresceu nos últimos tempos em muitas regiões, devido aos efeitos negativos ao solo e a implantação de algumas leis de restrição de cultivo, como exemplo, o estado do Paraná, que era comum soja (*Glycine max*) na safra e soja na segunda safra no mesmo ano agrícola, porém, com a proibição/restrição da soja safrinha ocorrido na safra 2016/2017 (ADAPAR, 2016), reduziu a monocultura da soja e estimulou o sistema de sucessão, o qual cresceu amplamente, principalmente em locais onde é possível realizar duas safras de verão (YANG *et al.*, 2017).

No sul do Brasil, mais especificamente no Paraná, os arranjos produtivos mais comuns são a adoção do consórcio de nabo forrageiro com aveia preta no inverno ou apenas aveia solteira, visando à inserção de plantas de cobertura nesse período, e em sucessão uso de milho safra com feijão ou soja na segunda safra de verão/safrinha.

Ainda, é comum encontrar trigo no inverno como cultura antecessora da soja. Regiões de clima tropical e algumas subtropicais são recorrentes a adoção da sucessão de soja – milho/feijão, onde a cultura da soja é posicionada na safra no início do zoneamento agroclimático e o milho ou feijão em sucessão, ou ainda o mesmo modelo com uso de milho ou feijão na safra e soja em safrinha, surgindo também à possibilidade de três culturas, soja safra - feijão safrinha - trigo no inverno ou aveia, sendo este último apreciado na região sudoeste, podendo variar as combinações com feijão e milho em safra e safrinha e trigo e aveia na safra de inverno. Essas modalidades de cultivo variam de acordo com a região, as quais tem o zoneamento agroclimático específico (LINK, 2020; FRANCHINI, 2011).

De modo geral, o posicionamento inadequado dos sistemas de produção degrada o solo, eleva os custos de produção e reduz sua sustentabilidade, pois sua produção será a custos de uso excessivo de fertilizantes e agroquímicos (CARDOSO, 2017), surgindo à necessidade constante de avaliar o desempenho de diversas combinações de culturas de interesse comercial e ambiental.

2.1.1 Sucessão de Culturas

O sistema de sucessão de culturas se caracteriza pela adoção contínua de duas culturas em uma mesma área ao longo do tempo (HIRAKURI *et al.*, 2012). De modo geral, este modelo de produção apresenta pontos negativos quando comparados a sistemas como o de rotação de culturas, porém, o mesmo se difundiu em meio aos produtores rurais, principalmente em regiões que permitem a adoção de mais de uma safra (YANG *et al.*, 2017), como é o caso do estado do Paraná.

No Paraná é evidente a preferência por basicamente dois tipos de sucessão, onde uma compreende as regiões com clima subtropical (metade sul e sudoeste) com predominância da soja verão, com trigo na safra de inverno. O segundo modelo de sucessão, se caracteriza principalmente para a região conhecida como transição climática (oeste), onde se adota a cultura do milho como segunda safra (outono/inverno), em sucessão a soja verão (primavera/verão), gerando as mais conceituadas sucessões dos dias atuais. Ainda, é possível ter em uma mesma propriedade mais de um talhão com cultivos distintos, desde que as condições edafoclimáticas permitam (HIRAKURI *et al.*, 2012). Essa distribuição de combinações de culturas é estabelecido de acordo com o zoneamento agroclimático, considerando fatores como, risco de geadas no inverno e distribuição de chuvas (FRANCHINI, 2011).

Em relação ao sudoeste do Paraná, segundo Link *et al.*, (2019) existem atualmente inúmeras opções de cultivo, permitindo a adoção de até três safras em um mesmo ano agrícola (variando de acordo com a cultura e ciclo), como por exemplo, uso de soja/milho e ou feijão/aveia preta, milho/feijão/aveia preta ou ainda, soja/feijão/trigo. Destas à sucessão soja/trigo e soja/milho, são as mais utilizadas.

Estes modelos de sucessões consagraram a soja como principal cultura da safra verão, e a mais desejada como segunda safra, gerando elevada margem bruta e baixo risco produtivo, o milho o qual é visto como uma das melhores opções de segunda safra (ROSCOE; MIRANDA, 2019). A sojicultura se tornou muito bem remunerada, e aliando à segurança de produção, quando semeadas em épocas adequadas com cultivares com bom desempenho agrônômico, geram lucros satisfatórios ao produtor rural (FALEIROS; ALVES, 2020).

Além do fator remuneração resultante do mercado aquecido para os preços de soja e pelas culturas entregarem margem líquida positiva mesmo em situações adversas com baixa e média produtividade (ARTUZO *et al.*, 2015), ressalta-se fatores como a otimização do uso do solo, aproveitamento da biomassa formada pela palhada da cultura anterior, assim como do residual dos fertilizantes e uso dos maquinários da propriedade rural (CECCON, 2018).

Neste sentido, a atrativa remuneração que esse sistema fornece pode estar mascarando o fato de que a sucessão ou a monocultura possuem problemas intrínsecos, como a degradação do solo, a alta pressão de seleção imposta pelo uso contínuo e repetitivo dos defensivos agrícolas, que tem resultado em inúmeros casos de resistência de pragas, doenças e plantas daninhas, requerendo grandes investimentos e baixa conservação ambiental (SOUZA, 2017; ADAMI *et al.*, 2020). Portanto, mesmo sendo lucrativo no curto prazo, entende-se que as perdas ecossistêmicas da sucessão acabam por no médio e longo prazo, a torna-lo inviável. Nesse contexto, entende-se que o planejamento dos cultivos deveria ser feito pensando em médio e longo prazo e deveria também contemplar a introdução de mais opções de culturas/espécies para a safra e entressafras.

Quanto mais diversificado for o sistema de produção, mais sustentável ele se torna ao longo do tempo, e conseqüentemente, mais viável e rentável ele se torna, por entregar benefícios de diferentes esferas, reduzindo os impactos ambientais do cultivo, sem prejudicar a remuneração em médio prazo do produtor rural, mantendo o retorno dos investimentos e redução de custos de produção (VIEIRA, 2009).

A luz da ciência existe inúmeras vantagens e resultados positivos da diversificação dos sistemas, como aspectos relacionados á fertilidade do solo com disponibilização e ciclagem de nutrientes (NUNES *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2013; NETO; CAMPOS,

2017), assim como físicos e biológicos, com melhoria das propriedades físicas efeito dos sistemas radiculares (BORGES *et al.*, 2018); redução da erosão, impactando positivamente na degradação do solo, aumentando a herança biológica do solo, com melhorias na microbiota (MARCELO *et al.*, 2009; NETO; CAMPOS, 2017), e atuam no banco de sementes do solo, gerando uma supressão das plantas daninhas (OLIVEIRA *et al.*, 2014), o problema é que o que mais influencia, na hora da tomada da decisão, por quais espécies a serem cultivadas, o fator mais decisivo é a questão econômica. Resultados de pesquisa que analisem o retorno econômico a médio e longo prazo (5 a 8 anos), comparando diferentes sistemas de produção são fundamentais para respaldar tomadas de decisões mais assertivas.

Se tratando de diversificação, o sistema de plantio direto quando aplicado corretamente, aliando as práticas de manejo e a rotação de culturas, com uso de plantas de cobertura (palhada), adubação verde, manejos biológicos e integrados e o não revolvimento do solo, se torna o mais adequado, com respaldo da fertilidade do solo, manutenção dos resíduos culturais e otimização do uso da terra (DONEGA; SANTOS, 2015).

2.1.2 Rotação de Culturas

Sendo uma das premissas básicas do sistema de plantio direto, a rotação de culturas se caracteriza pelo cultivo alternado de espécies, uma após a outra, no mesmo talhão/área/lote de terra (OLIVEIRA *et al.*, 2010), preferencialmente intercalando culturas de interesse comercial como soja, milho, feijão, com plantas de cobertura leguminosas, gramíneas e crucíferas, permitindo a formação de uma biomassa vegetal que irá ciclar os nutrientes (melhora o teor de matéria orgânica, disponibiliza fósforo, potássio, cálcio e magnésio), aumentar estoques de carbono e nitrogênio e melhorar a biomassa microbiana (BARBIERI *et al.*, 2019).

Além disso, o sistema de rotação, em relação à sucessão, fornece melhores condições ao solo, devido aos diferentes sistemas radiculares e exigências nutricionais. Ainda, a palhada atua como fator de proteção ao solo do impacto da gota da chuva, amenização das temperaturas elevadas e proporciona um microclima ideal no solo, conservando a umidade, fator importante para a fase inicial da próxima cultura na sucessão, tornando o sistema sustentável, podendo reduzir custos com adubação e agroquímicos (SILVA *et al.*, 2006; GIACOMINI *et al.*, 2006; MATEUS e SANTOS, 2013).

Mesmo diante de tantos benefícios que as plantas de cobertura podem entregar aos sistemas de cultivo em rotação, prioritariamente no verão-outono ou entressafra das culturas

comerciais, onde estas áreas poderiam ficar em pousio e logo, gerar inúmeros problemas a próxima safra, é comum em algumas regiões os produtores apresentarem resistência a sua adoção pela falta de conhecimento do comportamento agrônômico das espécies, de seus reais benefícios a médio e longo prazo e muitas vezes pelo baixo incentivo comercial, o clima, o solo, ou ainda, por acreditarem que suas propriedades, a maioria de agricultura familiar, não comporta tal sistema, por ser de pequeno porte, pensamento, qual estimula a intensa adoção de culturas comerciais de grãos (FALEIROS; ALVES, 2020).

Vale ressaltar, que em sistemas de rotação a adoção de plantas de cobertura na segunda safra de verão não extingue as culturas comerciais de grãos (feijão, milho, soja), elas apenas ajudam na resiliência do sistema, produzindo biomassa para a manutenção do sistema de plantio direto e permitindo a adubação sistêmica. Desta forma, o planejamento do produtor deve ser sempre em curto, médio e longo prazo, organizando arranjos com espécies de cobertura, cultivares, híbridos, adequando suas épocas de semeadura, culturas antecessoras, visando jamais prejudicar uma cultura de maior interesse para beneficiar outra, com esse planejamento é possível diversificar e obter o sistema sustentável, com redução de risco produtivo e aumento da produtividade, tornando o mesmo viável financeiramente, com remuneração imediata com a comercialização dos grãos e ganhos no tempo na interface solo-planta, como exemplo, é possível adotar plantas de cobertura em uma parte da área e comerciais em outra e ir rotacionando.

De modo geral, a escolha pelo sistema de produção se relaciona diretamente com fatores regionais/climáticos, culturas a serem adotadas, manejos, gestão de custos, mão-de-obra, capital de giro, valor da terra, empresas para receberem a produção, entre outros, os quais quando bem manejados podem estimular a fixação do homem no campo, com produções rentáveis e sustentáveis (EMBRAPA, 2012).

2.1.2.1 Cultura do Milho (*Zea mays* L)

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas de maior importância socioeconômica produzida no Brasil, juntamente com a soja (*Glycine max*), apresentam as maiores áreas cultivadas no país, além de ser o produto agrícola com o segundo maior valor de produção, sendo superado apenas pela soja (PORTO *et al.*, 2011).

A produção nacional total de milho chegou a 113.272,3 mil toneladas, com uma área plantada de 21.581,9 mil hectares, gerando uma produtividade média de 5.248 kg ha⁻¹ (CONAB, 2022). Esses dados apresentados pela Companhia Nacional de Abastecimento

(CONAB) ressaltam a importância da segunda safra de verão de milho, a qual vem se intensificando ao longo dos anos, justamente pela adoção da sucessão soja-milho, possibilitado pela tecnologia das novas cultivares com diferentes ciclos de maturação, o que acabou abrindo mais espaço na janela produtiva para implantar o milho safrinha (FRANCO *et al.*, 2013), o qual vem sendo cultivado nas mais variadas condições climáticas, gerando diferentes potenciais produtivos (ARTUZO *et al.*, 2019), tornando a produção da segunda safra expressiva no montante total, a qual representa no momento uma produção de 86.120,7 mil toneladas, com produtividade média de 5.258 kg ha⁻¹ (CONAB, 2022).

Do ponto de vista comercial e econômico, essa alternância de produção de safra e safrinha reduz a competição com a soja nos portos e praças de comercialização beneficiando a exportação do grão de milho (FRANCO *et al.*, 2013; CONTINI *et al.*, 2019).

Ainda, para regiões como o sul do Brasil, as condições edafoclimáticas beneficiam grandemente tanto a safra como a safrinha, pois permitem chuvas na época de plantio (agosto/setembro) e amplitude térmica mais amena no verão, dispondo as plantas de milho a radiação solar e conseqüentemente potencializando a fotossíntese líquida, que resultam em produções mais elevadas e grãos mais pesados, resultantes da conversão da energia luminosa em biomassa. Assim, o rendimento da planta esta diretamente relacionada à radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e a eficiência dessa interceptação pelas folhas (TRIPATHI *et al.*, 2018).

Assim como na região sudoeste do Paraná, a safrinha milho se expandiu rapidamente e exponencialmente com a área cultivada em outras regiões mais quentes, até então consideradas mais apropriadas para primeira safra de verão. Isso aliado com as reduzidas opções consideradas pelos produtores para entressafras e cultivos de inverno, proporcionaram basicamente o cultivo de milho o ano inteiro no sul do Brasil (HUBNER, 2010), intensificando a produção total, porém abrindo espaço para novas pragas, como a cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) e logo enfezamento, dificultando o manejo e comprometendo a lucratividade do modelo de produção (SABATO, 2017).

2.1.2.2 Cultura da Soja (*Glycine max*)

A soja (*Glycine max*) permanece como a cultura mais plantada no país, com uma área plantada de 41.452 mil ha, com produção de 125.552,3 mil t e produtividade de 3.029 kg ha⁻¹ na safra 2021/2022, com perspectiva de aumento de produção para 153.538,2 mil t na safra 2022/2023 (CONAB, 2022).

Estes resultados que apresentam uma tendência de continuidade de expansão produtiva para a cultura da soja, assim como do milho, são resultados da associação do acréscimo da área plantada, junto das novas e eficientes tecnologias apresentadas aos agricultores, onde a pesquisa/melhoramento genético possibilitou o surgimento de novas cultivares adaptadas (com diferentes ciclos) as mais diferentes regiões e condições climáticas (DIAS *et al.*, 2009).

Desta forma, assim como o milho, a soja pode ser cultivada em duas épocas do ano no Brasil, sendo denominadas: safra verão, cultivada durante o período de primavera/verão, e safrinha, cultivada no período de outono/inverno, possibilitando ao produtor ajustar os arranjos produtivos conforme a expectativa do valor da *commoditie* no mercado, assim como a viabilidade econômica do sistema, uma vez que, a modalidade de cultivo em safrinha expõe as culturas á maiores limitações imposta pelas condições adversas do ambiente, principalmente para a cultura do milho, em relação a geadas e elevada umidade dos grãos na colheita, que pode gerar grãos ardidos, afetando a viabilidade econômica (PINOTTI *et al.*, 2013; OLIGINI *et al.*, 2021).

Entretanto no estado do Paraná o cultivo de soja na segunda safra de verão (safrinha) teve diversas mudanças legais, quando em 2016/2017 foi proibido semeadura após 30 de dezembro, sendo esta portaria modificada em 2019, dispondo a colheita limitada a 15 de maio (portaria nº 342/2019), possibilitando a semeadura na segunda safra, levando os produtores a repensar os sistemas produtivos, e logo, fortalecendo a implantação do sistema milho safra-soja (ADAPAR, 2019).

Porem, tanto o sistema de soja safra verão e milho segunda safra, como o sistema milho verão com soja 2ª safra de verão, necessitam de um planejamento regional, onde se analisa a viabilidade técnica e financeira dos materiais genéticos disponíveis no mercado, aliados a épocas de semeadura adequadas. Por exemplo, a redução dos ciclos dos materiais, com semeadura antecipada no início da janela produtiva, pode vir a contribuir para a implantação e realização de duas safras agrícolas sobre uma mesma área na mesma safra com produtividade elevada. Porém, ressalta-se que essa prática de antecipação da semeadura da soja na safra, visando o cultivo seguro do milho na safrinha, pode trazer consequências negativas à soja, pois irá desfavorecer seu crescimento devido a temperaturas mais amenas, fotoperíodo e possível déficit hídrico, impactando na produção final (NÓIA JÚNIOR; SENTELHAS, 2019; OLIGINI, 2019).

Em contrapartida, o atraso da semeadura da soja para outubro, por exemplo, irá favorecer a mesma e logicamente impactar no milho, devido à redução gradativa da radiação

solar, risco com geadas em final de maio e excesso de umidade. Por este motivo, se torna de extrema relevância que os produtores e técnicos planejem e definam a melhor época de semeadura das culturas, visando beneficiar ao máximo as duas, pois esse é um dos manejos decisivos do sucesso deste sistema de produção (NÓIA JÚNIOR; SENTELHAS, 2019).

Para a cultura da soja, o sistema de classificação é determinado por grupos de maturação, os quais variam de zero a dez, assim, quanto maior é o seu número, mais próximo ao Equador será sua região de adaptação, sendo recomendados para o Brasil, grupos de maturação de 4.5 a 10 (PENARIOL, 2000).

Para a região sudoeste do Paraná, os mais empregados são de 5.1 á 6.0, onde a soja de 5.1 e 5.2 semeado em época precoce, após aveia, possibilita uma produtividade eficiente de milho em safrinha, livre de riscos climáticos, como geada. Já a soja de 6.0 é empregada logo na abertura da janela produtiva e a ainda, possibilita o plantio de milho em safrinha, no entanto com produção reduzida devido a susceptibilidade ambiental (OLIGIINI, 2019).

De modo geral, a cultura da soja é a oleaginosa mais importante do agronegócio, por dar origem a inúmeros subprodutos, o que alavanca sua demanda produtiva, safra após safra, e se destaca em potencial produtivo por apresentar plasticidade superior ao milho. Aliado a isso, a soja, por ser leguminosa, possui alta capacidade de fixação biológica de nitrogênio, podendo produzir proteína bruta de elevado valor biológico a baixo custo, enriquecendo o sistema produtivo quando adotada (FERREIRA *et al.*, 2010; BORGES *et al.*, 2018).

2.1.2.3 Cultura do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)

Cultura com grande destaque nacional, apreciado pelos brasileiros por fornecer ferro, proteínas e carboidratos. Conta com uma produção total na safra 2021/2022 de 2.996,6 mil toneladas, com uma produtividade total de 1.050 kg ha⁻¹. No estado do Paraná a produção na safra 2021/2022 se concentrou em 749,9 mil toneladas com produtividade de 1.563 kg ha⁻¹, em uma área de 479,8 mil ha⁻¹ (CONAB, 2022).

O feijão por ser considerado de ciclo curto, de 80 a 90 dias entre a emergência e a colheita, permite ser semeado em janelas de cultivo mais curtas, tanto em safra como safrinha, sem prejudicar a adoção de outra espécie no mesmo ano safra, podendo formar em algumas regiões até três safras em um mesmo ano agrícola com culturas diferentes (LINK, 2019). Este cenário ainda permite que seja realizado no Brasil em algumas regiões onde as condições climáticas permitem, até três safras dentro do mesmo ano agrícola (CONAB, 2021).

No caso do sudoeste do Paraná, é mais comum o feijão em primeira e segunda safra, sendo escolhido por muitos produtores que desejam fazer trigo no sistema de rotação de culturas, uma vez que, nesta região no inverno é comum geada e frio intenso, sendo novamente a época de semeadura um fator extremamente importante.

Os principais desafios do cultivo de feijão é em relação ao manejo de plantas daninhas de folha larga e doenças como Antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), Mofobranco (*Sclerotinia sclerotiorum*), Mosaico dourado, (causado pelo vírus *Bean Golden mosaic virus* (BGMV)), bacterioses, entre outros, devido à limitada disponibilidade de produtos agroquímicos no mercado, e seus baixos efeitos curativos no caso das bacterioses (AIDAR *et al.*, 2003). Como manejo a rotação de culturas, o uso de semente de qualidade, tratamento de semente, manejo integrado e biológico, se destacam.

De modo geral, o cultivo do feijão é bem visto e atualmente conta com o incentivo de políticas como custeio associado ao seguro agrícola, desde que seu cultivo de estabeleça em fevereiro, visando amenizar situação de chuvas e geadas na safrinha.

2.1.2.4 Cultura do Trigo (*Triticum aestivum* L.)

Em relação à cultura de grãos de inverno, a de maior destaque é o Trigo (*Triticum aestivum* L.), pois o mesmo é responsável por cerca de 50% da nutrição da população de inúmeros países, se tornando o segundo cereal de maior produção mundial, perdendo apenas para o milho (WANG *et al.*, 2012).

No Brasil a planta de trigo é definida como cultura de inverno, visto que seu ciclo geralmente ocorre do outono até final da primavera (FORNASIERI FILHO, 2008). Basicamente seu cultivo concentra-se nas regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste, necessitando ainda de importação frente a grande demanda pelo cereal (COSTA *et al.*, 2008).

O clima temperado beneficia o desenvolvimento desse cereal e fornece boa adaptabilidade a ele, semelhante aos seus centros de origem. A expectativa para 2021 é que a triticultura atinja mais de 2,3 milhões de hectares na região, designando mais de 90% da área total prevista para todo o país. Já o estado do Paraná pode chegar a 1.183,3 mil hectares de trigo, o que representa um acréscimo de 5,9% na área cultivada em comparação à safra anterior (CONAB, 2021).

Com o avanço e conclusão da semeadura do trigo na região sul do Brasil, e as condições favoráveis do mês de junho, com precipitações que proporcionaram boas condições

de umidade ao solo, estima-se uma produção para a safra 2020/2021 de 8.480,2 mil toneladas, com produtividade de 3.255 kg ha⁻¹ em uma área de 2.629,6 mil ha⁻¹ (CONAB, 2021).

A demanda brasileira de trigo no ano de 2020 chegou a 11.599,0 mil t, e a produção total se consolidou em 6.234,6 mil t, exportação de 900 mil t e importação de 6.600,0 mil t, tendo de estoque final 563 mil t. O estado do Paraná colaborou em média com 60% de toda produção brasileira, sendo o maior produtor em 2020 (CONAB, 2020).

Como na maioria das culturas comerciais, o máximo potencial produtivo do trigo é alcançado quando não ocorrem limitações hídricas ou nutricionais, assim como ataque de pragas, doenças, plantas daninhas e adversidades climáticas (FISCHER, 2001). Basicamente os componentes de rendimento de grãos de trigo são definidos em pré-antese (número de espigas m⁻², número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiguetas) e em pós-antese (número e peso dos grãos) (BELLIDO, 1991). Com o avanço do melhoramento genético, cultivares modernas foram lançadas, principalmente adaptadas a região sul, onde atingem tetos produtivos de até 7.000 t ha⁻¹ (EMBRAPA, 2019).

Manejos como espaçamento (geralmente 17 cm), densidade de semeadura, controle de doenças e pragas, e cuidados no processo de colheita, são fatores indispensáveis para obter um produto de qualidade, visando o setor industrial, onde a qualidade das farinhas está relacionada a parâmetros de qualidade tecnológica, designada por várias avaliações realizadas para o processo de beneficiamento e posteriormente a fabricação final de farinhas (COSTA *et al.*, 2008).

De modo geral, a variável qualidade do grão de trigo é consequência da interação entre genótipo e ambiente, assim como, das interferências da operação de colheita, e processos de secagem e armazenamento (GUTKOSKI; NETO, 2002). Posto isto, a análise do mercado do trigo, é baseada em características como peso hectolitro, força de glúten, porcentagem de proteínas no grão e a proporção de misturas com grãos danificados, ainda, se tem o teor e quantidade de micotoxinas e resíduos de agroquímicos, que são rigorosamente avaliados e testados, evidenciando o real potencial para a panificação (PEREIRA, 2006).

Ainda, destaca-se que como o cultivo do trigo se concentra basicamente na região sul (área responsável por 87,3% da produção brasileira) (Conab, 2020), a mesma possui algumas limitações referentes às adversidades climáticas que tipicamente ocorrem na região, como volumes elevados de precipitação em momentos de semeadura e maturação/colheita, o que ocorreu na safra 2021/2022, gerando excesso de umidade nos grãos de trigo (CONAB, 2022), da mesma forma, esse cenário com excesso de precipitação, assim como geadas severas e secas prolongadas durante seu ciclo de desenvolvimento, afetando diretamente a qualidade do

grão, sua produtividade, e o surgimento de doenças como Manchas foliares, Ferrugem (afetando a área fotossintética), e doenças fúngicas da espiga como Brusone e Giberela (afetando formação e peso de grãos) devido ao excesso de umidade.

Contudo, a cultura do trigo ainda entrega inúmeros benefícios ao sistema de rotação, pois sua biomassa persistente no solo auxilia na manutenção do sistema de plantio direto, melhora a estrutura do solo, quebra ciclo de pragas e agrega valor na cultura em sucessão. Além disso, o trigo dispõe de poucos investimentos, podendo em médio e longo prazo, realizar apenas adubações de sistema, o que reduz custos e agrega na lucratividade e sustentabilidade ambiental. “A adubação de sistema compreende a reposição planejada de nutrientes em situações de solos que tenham sua fertilidade produzida, com base no conhecimento dos fluxos de entrada e de saída dos nutrientes no sistema” (CARVALHO *et al.*, 2020). Por estes motivos, a adoção da cultura do trigo deve seguir um planejamento dentro da rotação de culturas, visando ter o cultivo dentro do zoneamento agroclimático, para que não ocorram perdas produtivas, para se obter ganhos ecossistêmicos e econômicos, uma vez que, o uso do trigo nas rotações produzem biomassa de sua palhada que apresentam benefícios ao solo evitando erosão, reduzindo a temperatura, manutenção da umidade, contribuindo no processos biológicos (crescimento de raízes e a fixação do N), assim como redução da população de plantas daninhas (IDR, 2021).

2.2 PLANTAS DE COBERTURA

A adesão do cultivo de plantas de cobertura vem ganhando espaço e se consolidando dentro da rotação de culturas, intensificando os sistemas de produção, onde as espécies de cobertura viabilizam o acúmulo de resíduos vegetais na superfície, com efeito direto na dissipação da água e redução do impacto das gotas da chuva, e logo do selamento superficial e da erosão hídrica, proporcionando melhor absorção, percolação e armazenamento de água, com redução da evaporação e redução de banco de sementes de plantas daninhas do solo (TAVARES FILHO; FERREIRA, 2010).

A escolha por plantas de cobertura é a solução mais interessante, para áreas rurais que ficariam em pousio na entressafra, pois são nessas épocas que ocorre maior disponibilidade hídrica, e isso aliado com o solo descoberto, sem adição de palhada ou cobertura viva, irá resultar no surgimento de inúmeras plantas daninhas, assim como, propiciarem a perda de fertilizantes e corretivos manejados na safra anterior, levando a maiores exigências com adubação e uso de agroquímicos para controle das plantas daninhas

na próxima safra. Neste sentido, o uso de leguminosas e gramíneas em cobertura, atuam de forma eficiente na ciclagem e reciclagem de nutrientes, explorando e aproveitando os fertilizantes para a cultura em sucessão (NETO; CAMPOS, 2017).

A efetividade da adoção de espécies de cobertura está associada diretamente com aspectos de qualidade e quantidade de palhada residual, a qual irá permanecer sobre a área, resultando na contínua disponibilidade de nutrientes, devido à velocidade de decomposição, a qual pode variar de acordo com a espécie (FAVARATO *et al.*, 2015).

O efeito positivo das leguminosas se baseia na capacidade de equilibrar a relação C/N do solo, onde consegue fornecer rapidamente nitrogênio, além de outros nutrientes, ainda, é possível relacionar as mesmas com a estabilidade de agregados, resultado da interação com a microbiota, onde as leguminosas possuem maior massa de hifas de fungo sobre as raízes, em relação às gramíneas (ANDRADE; STONE; SILVEIRA, 2009).

Já as gramíneas apresentam uma relação C/N ainda mais alta, refletindo positivamente na velocidade de decomposição, tornando mais lenta a liberação dos nutrientes ao solo. Ainda, são destaques como cobertura, uma vez, que sua decomposição é lenta e permite que essa biomassa seca residual permaneça por mais tempo sobre o solo. Assim como as leguminosas, as gramíneas atuam na estruturação do solo, devido aos teores de lignina que possibilita a produção de outros ácidos, tornando o solo mais resistente à compactação, refletindo positivamente na cultura subsequente (BORGES *et al.*, 2018).

Contudo, os benefícios das plantas de cobertura, ainda se estendem ao controle do banco de sementes do solo, ou seja, a supressão de plantas daninhas. Nesse caso, essas plantas vão gerar uma competição interespecífica por recursos como água, luz, espaço e nutrientes, afetando a cultura (OLIVEIRA *et al.*, 2014), isso se agrava quando ocorre semelhança morfofisiológica entre as daninhas e as culturas de interesse comercial (LAMEGO *et al.*, 2004).

Segundo Balbinot JR *et al.* (2007) ao avaliar no sul do Brasil em sistema plantio direto diferentes coberturas do solo, constataram que o cultivo solteiro de azevém e aveia-preta, assim como, o consórcio entre azevém, aveia-preta, centeio, ervilhaca e nabo forrageiro auxiliam na redução de infestação de plantas daninhas na cultura de milho. Devido à presença da palhada, ocorre uma barreira física e redução da amplitude térmica do solo, resultante do sombreamento, impossibilitando a emergência das invasoras. Ainda, essa biomassa pode inviabilizar o banco de sementes, por beneficiar a ação de organismos que causam danos as mesmas e pela liberação de substâncias aleloquímicas.

É comum em áreas de pousio a presença de *Conyza bonariensis*, o que dificulta posteriormente o manejo do produtor, gerando prejuízos de nível econômico e produtivo, além de fatores como resistência a mecanismos de ação de herbicidas (LAMEGO *et al.*, 2015). Isso salienta a importância da adoção de palhada no sistema, onde com planejamento o produtor protege o solo e reduz custos a curto, médio e longo prazo.

Na região sul do Brasil, por ser caracterizada pelas temperaturas amenas, inverno rigoroso e chuva regular no outono/inverno, é mais comum à adoção de espécies de cobertura de inverno com viés de produção de palhada, já no verão os produtores apresentam uma maior resistência em posicionar essas plantas na segunda safra, como medo de competição com outras culturas de valor comercial como soja, milho, feijão. Na entressafra de inverno aproximadamente 43% das áreas são cultivadas com aveia-preta, implantada no outono e permanecendo sobre a área até a primavera (ZIECH *et al.*, 2015).

O uso excessivo das plantas de cobertura apenas da mesma espécie ou família na mesma área, pode afetar a mineralização de nutrientes, por isso, atualmente é comum os produtores diversificarem no inverno, optando por diferentes espécies de outras famílias, como ervilhaca (*Vicia sativa* L.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) (ZIECH *et al.*, 2015), ou ainda o uso dos chamados “Mix” que o cultivo consorciado com diferentes espécies, como aveia+nabo ou ainda com adição de ervilhada, centeio, entre outras possibilidades.

Na safra verão, em muitas regiões do Paraná, a competição com o cultivo de soja e milho, ainda é grande, encontrando propriedades com gramíneas apenas para o viés forrageiro, visto que muitas propriedades são pecuárias, além dos produtores sempre buscarem um retorno imediato, propiciado pela venda de grãos. Porém, esse cenário tende a mudar, uma vez que a conservação do solo e a manutenção do sistema de plantio direto dependem da rotação de culturas e logo, a adesão às plantas de cobertura de verão e outono/inverno. Isso irá exigir um planejamento do produtor, podendo adotar tanto culturas comerciais como de cobertura e almejar os benefícios ao solo ao longo prazo que irá reduzir significativamente os custos com insumos, tornando a propriedade viável economicamente.

2.2.1 Crotalaria Juncea (*Crotalaria juncea* L.)

Esta leguminosa possui o centro de origem na Índia, e se adaptou muito bem as condições tropicais e subtropicais, sendo introduzida no Brasil com o objetivo de planta fixadora de nitrogênio, assim como, recuperadora de solo (CIESLIK, 2014).

Com porte arbustivo, com um ciclo de 120 á 140 até o florescimento e de 180 á 240 até a colheita, variando com a época de semeadura, apresenta acelerado crescimento inicial, podendo atingir alturas de até 3 metros. Devido ao rápido crescimento e fechamento do estande se torna eficiente na supressão das plantas daninhas, isso aliado ao fato de ser competitiva e apresentar efeito alelopático (QUEIROZ *et al.*, 2010).

Para o manejo dessa cultura, recomenda-se a semeadura de outubro a março para cobertura e visando produção de sementes pode semear até abril em regiões com temperaturas mais elevadas, pois essa semeadura tardia tende a reduzir drasticamente a sua altura (IAC, 2021). O espaçamento de 17 a 45 cm nas entrelinhas, com uma densidade de semeadura de em torno de 25 kg de sementes ha⁻¹ (FORMENTINI, 2008).

Em relação à produção de biomassa seca, pode variar de 6 a 8 ton ha⁻¹, chegando a teores de 17 t ha⁻¹ (DANTAS *et al.*, 2015), variando conforme a época de semeadura e condições ambientais. Já a fixação de N varia entre 180 a 300 kg ha⁻¹, sendo muito influenciada pelas condições de ambiente. De forma geral, para cada tonelada de matéria seca produzida, ocorre uma fixação biológica de 15 a 25 kg de N ha⁻¹. Esta espécie é muito interessante como planta de cobertura de verão, pois além de adaptada aos diversos tipos de solo, possui baixa exigência nutricional (FORMENTINI, 2008).

2.2.2 Feijão lablab (*Dolichos lablab* L.)

Entre as leguminosas anuais de primavera-verão, com elevado potencial para sistemas de rotação visando a cobertura do solo, o Lab Lab se destaca com produtividade de até 14 t ha⁻¹ de matéria seca quando irrigado. Possui um hábito de crescimento herbáceo, trepador, que fecha rapidamente as entrelinhas. Seu ciclo é de 80 a 90 dias após a germinação, florescendo entre 12 e 14 semanas, fornecendo uma fixação de N de aproximadamente 220 kg ha⁻¹, o que a torna uma boa opção para a rotação com gramíneas como o milho (HAVILAH, 2017; VILELA, 2021).

É uma espécie também indicada como forrageira e para consórcios com milho, onde para a silagem, se deve cortar após 12 semanas de crescimento. Para a finalidade de produção de ração, se destaca pela sua composição sendo a biomassa composta basicamente de folhas e caule, com digestibilidade foliar de 60-75% e a do caule de 50-55%. Ainda, é possível o preparo de ração com misturas de Lab lab milheto e/ou sorgo, visando o fornecimento proteína (HAVILLAH, 2017).

A recomendação técnica é de semeadura em linha ou a lanço, variando com a finalidade, quando em linha, no espaçamento de 17 a 45 cm, em uma densidade de aproximadamente 20 kg ha⁻¹ (VILELA, 2021).

2.2.3 Milheto (*Pennisetum americanum*)

Se tratando de gramíneas de verão, o milheto é uma espécie forrageira de clima tropical, conhecida em muitas regiões. É uma planta cespitosa, de porte alto, hábito ereto, o que facilita o manejo. Possui um sistema radicular vigoroso e logo uma elevada capacidade de absorção de nutrientes, tornando essa espécie competitiva em relação as demais plantas de cobertura (MARCANTE *et al.*, 2011).

O sistema radicular por apresentar rápido crescimento, atua na descompactação do solo por construir canais preferenciais de passagem de água, assim como, o crescimento e desenvolvimento das raízes das culturas subseqüentes (HERRADA; LEANDRO; FERREIRA, 2017). De modo geral, o milheto absorve os nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e os fornecem, as camadas superficiais com a decomposição de sua palhada (PIRES *et al.*, 2007).

Sua semeadura na região sul do país, pode ocorrer no final de outubro ou ainda na segunda safra de verão. Essa cultura tem a característica positiva de ser resistente á seca e adaptada a solos arenosos, produzindo grandes quantidades de palhada residual, devido a sua relação C/N. Sua produção de biomassa pode variar em função da adubação, época de semeadura, região, assim como variedade, porem pode produzir entre 5 a 15 t ha⁻¹, a depender da época de cultivo, cultivar, período de cultivo, fertilidade do solo, etc (PACHECO *et al.*, 2011).

Devido a suas qualidades nutricionais com 16 a 24% de proteína e até 78% de digestibilidade, se torna uma ótima cultura para pastejo. Ainda, quando o objetivo for a produção de grãos, esta gramínea consegue substituir cerca de 70% da quantidade de grãos de milho ou de sorgo para as formulações de rações. Pode também, servir de cobertura do solo, o que torna o milheto uma cultura extremamente interessante para a rotação de culturas e aumento da eficiência do plantio direto (FARIA JÚNIOR, 2007).

No quesito manejo, é recomendado para a semeadura de 12 a 20 kg ha⁻¹ de sementes, na profundidade de até 2 cm, podendo ser semeado tanto em linha como a lanço. Caso a finalidade seja o pastejo, é sugerido a entrada dos animais quando a cultura tiver com

aproximadamente 40 cm de altura, limitada a retirada dos animais quando se atinge os 10 cm (EMBRAPA, 2021).

O milho apresenta um ciclo vegetativo curto, variando de 60 a 90 dias para variedades precoces e 100 a 150 dias para as tardias, tendo como temperatura ótima de 28 a 30 °C (PERRET; SCATENA, 1985).

2.2.4. *Brachiaria spp*

Entre as gramíneas perenes mais adotadas no sul do Brasil esta as do gênero *Brachiaria*. Com predominância tropical, é amplamente adotada para pastejo, se adaptam facilmente a solos com baixa fertilidade. Sua principal característica é a formação de folhagens, com algumas espécies com habito de crescimento prostrado, de touceiras entre outros, que as tornam excelentes para cobertura do solo, e por conta dos produtores rurais já terem conhecimento sobre seu comportamento, é bem vista no sistema de rotação (BERNARDES, 2003).

As espécies do gênero *Brachiaria* também apresentam uma boa produção de matéria seca e alta relação C/N na sua composição (NUNES et al., 2009). Assim como, seu sistema radicular permite melhora na infiltração de água, agregação e aeração do solo (STUMPF *et al.*, 2016).

O porte das brachiarias, assim como rendimento e dias até o florescimento irá variar conforme a cultivar e espécie, no entanto a maioria não apresenta exigências em relação ao solo, podendo ser implantada até em solos ácidos (WENZL *et al.*, 2002), porem, geralmente necessitam de um índice pluviométrico acima de 500 mm de chuva por ano.

Algumas cultivares de adaptam a regiões desde o nível do mar até altitudes acima de 3.000 m, ainda possui uma boa tolerância ao frio, o que viabiliza seu cultivo na segunda safra de verão até a entrada da entressafra. Ainda, apresentam um valor forrageiro aliado a alta produção de massa verde interessantes (VILELA, 2021).

Sugere-se que as espécies sejam semeadas no espaçamento de até 50 cm em linha, ou a lanço, em uma profundidade máxima de semeadura de 2 cm. A época mais adequada de semeadura é nas estações chuvosas. O melhor período é durante a estação das chuvas.

No entanto, apesar de serem proeminentes na formação de palhada, informações quanto ao manejo químico devem ser esclarecidas para que este não influencie negativamente a cultura sucessora (VILELA, 2021).

2.2.5 Aveia Preta (*Avena strigosa* S.)

A aveia é uma espécie de clima temperado, muito utilizado na alimentação animal e nas entressafras de inverno. Possui elevada exigente no consumo de água, no entanto, o excesso pode propiciar o surgimento de fungos patogênicos, atingindo desde as folhas a sementes, impactando no valor comercial, quando a finalidade for produção de sementes (PRIMAVESI; RODRIGUES; GODOY, 2000).

Segundo Primavesi, Rodrigues e Godoy (2000), mesmo sendo de clima temperado, ela se adapta bem a regiões de clima tropicais e subtropicais, desde que seja semeada em épocas onde tenha disponibilidade de água, e em solos profundos drenados com pH entre 5,5 a 6,0. Quando o viés de produção for grãos, é indicado cerca de 70 kg ha⁻¹ em linha, já em situação de sementes salvas para pastejo, é interessante posicionar até 100 kg ha⁻¹.

A produção de biomassa seca oscila conforme a adubação, cultivar, época de semeadura e época de corte, podendo chegar na fase de florescimento a uma produção média de 10,5 t ha⁻¹ (DEMÉTRIO, COSTA E OLIVEIRA, 2012).

Estudos realizados por Zwirtes *et al.* (2017), avaliando concentrações de biomassa seca (0, 6, e 9 Mg ha⁻¹) de *Avena strigosa*, observaram que a medida que se aumentou o teor de palhada, estabilizou a temperatura do solo, formando um microclima ideal para as culturas.

2.2.6 Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*)

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) é uma espécie crucífera, anual, herbácea com porte ereto, atingindo de 100 a 180 cm de altura (DERPSCH e CALEGARI, 1992). Apresenta um crescimento inicial acelerado, onde aos 60 dias após a emergência já cobriu cerca de 70% do solo (CALEGARI, 1990). Tem ganhado espaço nas lavouras da região sul e centro-oeste do Brasil, com objetivo de adubação verde e planta de cobertura de inverno, podendo ainda ser consorciado com aveia.

O seu sistema radicular pivotante é algo de destaque, pela sua agressividade, capaz de explorar as camadas do solo mais adensadas em profundidades superiores a 2,50m. Além disso, o grão dessa cultura vem chamando atenção como fonte de matéria-prima para produção de biocombustível (BUENO; RODRIGUES, 2019).

A semeadura no nabo ocorre geralmente entre abril e maio, com florescimento aos 80 dias após o plantio, permanecendo essa floração por mais de 30 dias, o que auxilia também

na criação de abelhas, resultando em mel de boa qualidade. Atinge sua maturação aos 120 dias após a germinação.

Recomenda-se um espaçamento entre linhas de 20 a 40 cm, quando o objetivo for cobertura e maiores quando for produção de grãos. Sua densidade de semeadura varia de 3 a 15 kg ha⁻¹, variando conforme o sistema de semeadura, o qual pode ser em linha ou a lanço. Sua produção de biomassa verde é em torno de 20 a 35 t ha⁻¹ e de massa seca em torno de 3,5 a 8 t ha⁻¹. Ainda, apresenta uma produção de grãos de aproximadamente 0,5 a 1,5 t ha⁻¹ (BARROS; JARDINI, 2021).

2.2.7 Consórcio de plantas de cobertura

Em linhas gerais, o cultivo em consórcio é um sistema onde em uma mesma área, são estabelecidas diferentes espécies, convivendo no mesmo ambiente, em todo ou parte de seu ciclo, podendo uma espécie ser produtora de grãos e a outra forrageira (CRUSCIOL *et al.*, 2010) ou ainda duas espécies forrageiras ou de cobertura de verão ou inverno.

Os sistemas de consorciação de culturas é uma técnica que otimiza o uso dos recursos disponíveis na propriedade, o uso do solo, água, luz solar e nutrientes, sendo bem aceito por pequenos e médios produtores, tornando o sistema viável economicamente (GONÇALVES, 1989).

Geralmente neste sistema as culturas se diferem morfológicamente, acarretando em alguns casos em competição por energia luminosa, água e nutrientes, onde, por exemplo, a chegada da radiação solar em todas as plantas será determinada pela altura das plantas e sua eficiência de interceptação e absorção. Desta forma, culturas que respondem mais a radiação solar e ficam sobre o sombreamento das espécies mais altas, vão ser prejudicadas. Diante disso, para amenizar esse possível efeito é necessário realizar estudos e um planejamento do arranjo mais adequado, aliado a época de semeadura e cultivares, visando máximo potencial produtivo e sinergismos entre as culturas (FLESCH, 2002).

Os consórcios ou apenas mix de plantas de cobertura, mais comuns são os de inverno, com a união da aveia + nabo ou ainda a introdução da ervilhada. Esse mix permite uma liberação mais gradual dos nutrientes, proporcionando maiores concentrações de N, especialmente na parte aérea, onde o nabo e a ervilhaca podem atingir cerca de 190 kg ha⁻¹ e a aveia preta em torno de 137 kg ha⁻¹, assim, os consórcios entre aveia+nabo e ervilhaca+aveia, conseguem fornecer uma eficiente quantidade de N mineral para as culturas em sucessão (DONEDA *et al.*, 2012).

Esse sistema vai além apenas do consórcio entre plantas de cobertura da entressafra de inverno, podendo ser realizado também o mix de plantas de verão, unindo, por exemplo, milho+crotalaria+brachiaria, onde o produtor terá em uma mesma área o fornecimento de nitrogênio, a estruturação do solo e uma palhada residual por longo tempo, resultante da lenta decomposição do milho e brachiaria. Ainda, é possível que o produtor produza e realize essas misturas de espécies na própria propriedade rural, não ficando preso ao fator comercial. No entanto, poucos estudos regionalizados sobre essas combinações de verão estão disponíveis na literatura, o que incentiva o surgimento de novas pesquisas com esse objetivo, contemplando a melhor época de semeadura e as espécies mais indicadas.

Devido a diversificação entregue pelo consórcio, ocorre uma redução dos riscos de perda de safra, ressaltando a importância da permanência desses sistemas de cultivo no Brasil, onde é possível ter benefícios nos agroecossistemas unidos com uma maior rentabilidade ao produtor.

2.3 VIABILIDADE ECONÔMICA DOS MODELOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA

O agronegócio é um dos setores que mais movimentam a economia nacional, visto que o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de grãos do mundo, principalmente quando se refere ao complexo soja e milho. Desta forma, compreender as cadeias produtivas, assim como os custos de produção e o mercado agrícola, observando os preços das *commodities*, para assim, identificar o melhor momento de comercializar sua produção é algo determinante para a manutenção deste setor, relacionando desenvolvimento econômico, social e sustentável (ZANELLA; LEISMANN, 2017).

Segundo Carvalho et al, 2016, o acompanhamento financeiro de toda a atividade agrícola permite a obtenção de dados para tomadas de decisão e verificar a rentabilidade e viabilidade de futuros arranjos produtivos. A análise de viabilidade econômica das atividades desenvolvidas no setor agrícola procura mostrar os pontos positivos e negativos de cada investimento, para assim analisar a possibilidade de implementação de determinada atividade ou sistema produtivo (ZAGO et al., 2009).

Para Oro et al. (2009), qualquer tipo de investimento possui o propósito do retorno econômico, por meio da lucratividade, uma vez que, a propriedade rural, assim como qualquer empresa, jamais teria como se manter tendo apenas resultados negativos, sendo, portanto, a lucratividade o pilar do sucesso produtivo a longo prazo em qualquer situação.

Diante disso, é evidente que a viabilidade e lucratividade dos modelos de produção

que a propriedade rural vem desenvolvendo é o principal fator econômico que precisa ser observado pelos produtores, onde o mesmo analisa se obteve o devido retorno lucrativo sobre o seu investimento realizado. Porém, esse retorno econômico sofre a influência direta e indireta de muitos fatores quando se trabalha com modelos de produção agrícola, onde os custos de produção, por exemplo, é um fator factível de mensuração e monitoramento durante todo o processo produtivo, se tornando um fator direto (MELO, SILVA, ESPERANCICNI, 2012).

Portanto, visando garantir que o empreendimento agrícola se mantenha positivo, a tomada de decisão, desde a escolha das espécies, data de semeadura, divisão da propriedade em talhões, deve ser fundamentada em uma gestão financeira que possibilite além da viabilidade econômica, a sustentabilidade e conservação do solo, onde se enfatiza a relevância do levantamento minucioso e as avaliações econômico-financeiras dos arranjos produtivos e suas finalidades (BAUMGRATZ *et al.*, 2017).

Como a agricultura se trata de uma situação dependente das condições climáticas, onde para o cultivo de culturas anuais, são necessárias boas condições de umidade de solo, temperatura e época de semeadura, muitas decisões são tomadas pelo produtor rural pensando apenas no retorno econômico de curto prazo, especificamente pensando na safra, devido a necessidade de retorno econômico. No entanto, devido a essa emergência em estabelecer as culturas no campo, muitos produtores acabam efetuando a semeadura em condições não adequadas, como uma semeadura muito tardia, ou uso de uma cultivar de ciclo muito longo, comprometendo a cultura atual e a sucessora arriscando toda a produção (safra+safrinha), o que poderia ser amenizado se ocorresse um planejamento de safra e safrinha, com lucratividade de ambas as safras. A disposição de semeaduras em final de zoneamento ou ainda fora do mesmo pode predispor a cultura a danos por geadas, afetando diretamente o retorno financeiro do arranjo produtivo, gerando frustrações ao produtor (OLIGINI *et al.*, 2021).

De modo geral, um meio de levantar informações que possam auxiliar produtores e profissionais da agricultura na tomada de decisão dos melhores arranjos produtivos, é o desenvolvimento de pesquisas de curto, médio e longo prazo, formando banco de dados com diversas respostas a questionamentos levantados por produtores, assim como, resultados que podem vir a estimular novos modelos produtivos, aliando preservação ambiental e lucratividade.

Neste sentido, alguns trabalhos são encontrados na literatura abordando a implantação de sistemas de sucessão e rotação de culturas, onde Mello (2015), ao analisar a viabilidade econômica de sistemas de rotação em comparação a sistemas de sucessão de

culturas, tendo como base a cultura da soja na safra e plantas de cobertura em sucessão durante três safras produtivas, observou que os arranjos que adotaram rotação de culturas geraram índices de lucratividade superiores (74,4, 94,9, 29,6%) em relação à sucessão de culturas.

De acordo com Volsi *et al.* (2021), arranjos produtivos mais diversificados entregam maior lucratividade em relação ao arranjo que adota a sucessão soja/milho, para os autores, mesmo que o custo variável seja elevado, o mesmo foi recuperado pela maior receita obtida na rotação.

Mesmo com o sucesso monetário da rotação, alguns estudos abordando a sucessão soja-milho, apresentaram bons índices lucrativos. Segundo Battisti *et al.* (2020), ao analisarem o rendimento de 35 safras (1981 á 2015) obtiveram que o sistema de sucessão soja/milho, apresentou uma lucratividade de R\$7.400,00 ha⁻¹ para a região do centro-oeste do Brasil. Neste mesmo sentido, segundo Oligini *et al.* (2021) ao avaliarem no sudoeste do Paraná a viabilidade econômica da sucessão soja/milho dispostas em diferentes épocas de semeadura, quando somados os anos safras de 2016 e 2017, obtiveram um lucro operacional médio de R\$ 8.771.35 ha⁻¹ para a sucessão em questão.

Da mesma forma, segundo Alves, 2021, ao estudar sistemas de produção de grãos em sucessão e em rotação de culturas no sudoeste do Paraná, verificou que em termos econômicos em dois anos agrícolas que a sucessão de culturas adotando milho-feijão-consórcio de aveia + nabo apresentou um lucro operacional total de R\$ 13.572,73 ha⁻¹, sendo R\$ 200,08 ha⁻¹ superior ao sistema de rotação, feijão-soja – milho-soja.

Neste contexto, algumas metodologias são descritas para auxiliar nos processos de pesquisa e levantamento de dados, tais como a de Martin *et al.* (1998), do Instituto de Economia Agrícola, a qual prescreve os principais indicadores econômicos e de rentabilidade para o meio agrícola, como sendo:

Custo Operacional Efetivo (COE), sendo este o resultado dado pela soma das despesas referentes as operações agrícolas com a utilização de máquinas e implementos, mão de obra e materiais utilizados ao decorrer do processo produtivo

Custo Operacional Total (COT), resultante dos custos operacionais efetivos, crescidos de valores dispostos com encargos sociais diretos, assistência técnica, seguridade social rural, e depreciação de máquinas.

Receita Bruta (RB): á qual é proveniente da multiplicação da produtividade (sc ha⁻¹) pelo preço unitário de comercialização, expresso em R\$ ha⁻¹, determinando a receita obtida em função da venda do produto.

Margem Bruta (MB): resultante da venda do produto após a subtração do custo operacional total (COT) dada em porcentagem, e que determina a disponibilidade de cobertura de risco e capacidade empresarial do produtor.

Lucro Operacional (LO): definido pela diferença entre RB e o COT por ha-1, dado em R\$ ha-1. Proporciona visão sobre a lucratividade da atividade a curto prazo, revelando as condições financeiras e operacionais da atividade em questão.

Índice de Lucratividade (IL): está relacionado ao LO e a RB, dado em porcentagem. Este indicador demonstra a taxa disponível de receita após a realização do pagamento de todos os demais custos.

Desta forma, na avaliação de qual o melhor modelo de produção a ser empregado é preciso ter definida todas as tecnologias a serem adotadas, para assim poder comparar os diferentes arranjos produtivos e estabelecer o mais viável e rentável a curto e longo prazo para cada região.

Por fim, nota-se que a base principal para a formação de dados para tomadas de decisão considerando lucratividade, sustentabilidade e conservação ambiental de qualquer empreendimento dentro da propriedade agrícola é a pesquisa.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo se trata de um experimento de longo prazo, sendo considerados para este trabalho três anos agrícolas (2018/2019; 2019/2020 e 2020/2021). Nas safras 2018/2019 e 2019/2020 avaliou-se o rendimento das plantas de cobertura como segunda safra de verão em função das épocas de semeadura (4.1.1), e também analisou-se o efeito da cultura antecessora sobre a produção de biomassa de plantas de cobertura de verão e inverno (4.1.2). O terceiro estudo (4.2) refere-se às respostas de cada modelo de produção (24 tratamentos, dispostos em sucessão e rotação de culturas) em relação a suas viabilidades técnicas e econômicas considerando os três anos.

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos, localizada a 25° 33' Sul e 51° 29' Oeste. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa (subtropical úmido), com temperatura média máxima anual de 22°C e mínima abaixo de 18°C, sem estação seca definida (ALVARES et al., 2013) e a altitude do local é de 530 metros acima do nível do mar. A precipitação média anual é de aproximadamente 2.029 mm (IAPAR, 2021). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, com textura argilosa e relevo suave (BHERING et al., 2008).

A área onde se localiza o experimento (Figura 2) vem sendo manejada com sistema de plantio direto desde a década de 90, com adoção de sistema de rotação de culturas e práticas conservacionistas de manejo de solo, como a adoção de terraço base larga.

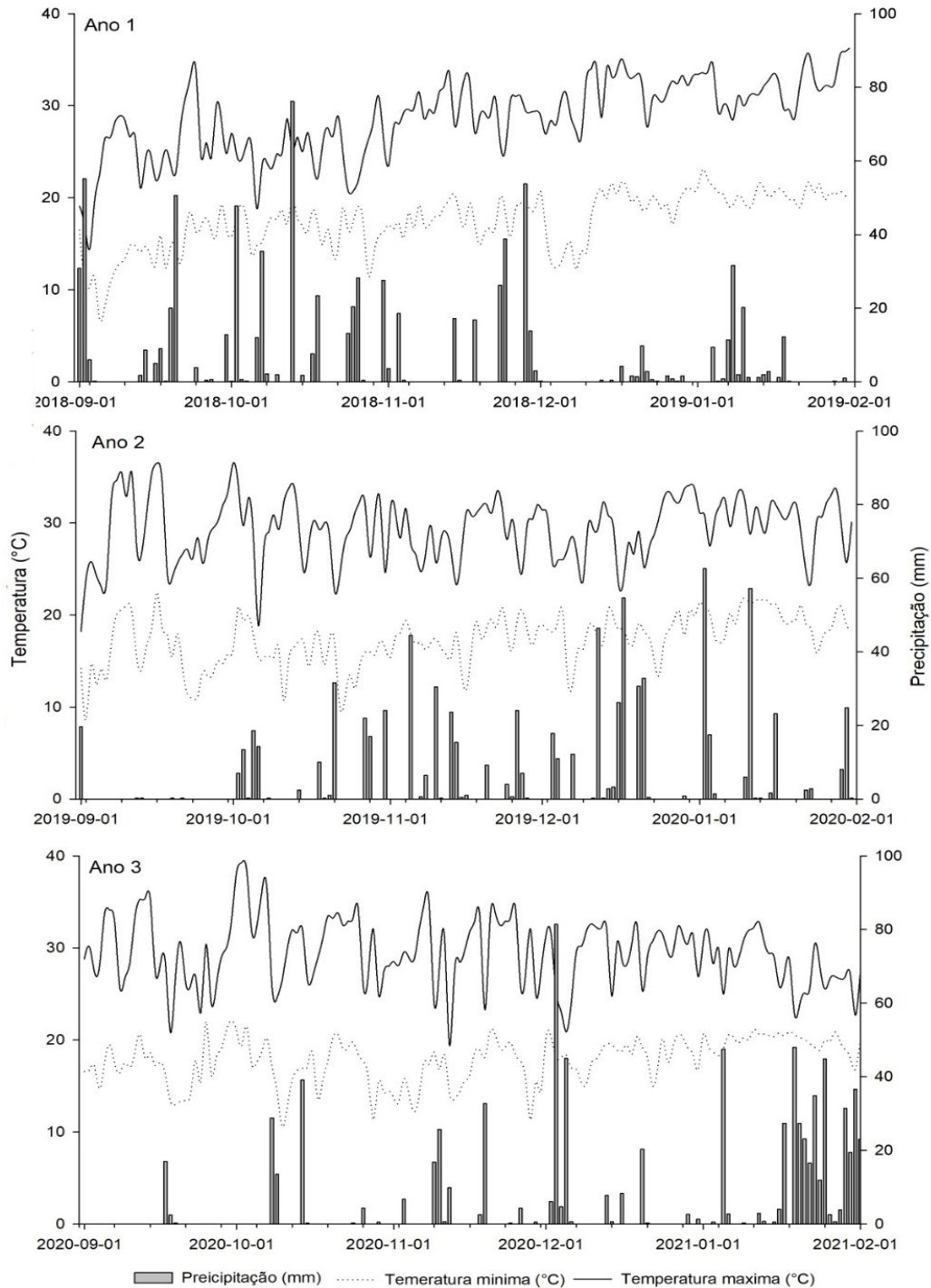
Figura 2. Área experimental em 2018, antes do início do estabelecimento do experimento (A) e em 2021 com o experimento estabelecido e em andamento (B). Na figura C é possível observar as 12 parcelas principais que compõe as três repetições de cada um dos 4 sistemas de produção e na figura D está apresentado as subparcelas na segunda safra de verão



Fonte: A autora (2023).

Os dados climáticos referentes à precipitação pluviométrica, temperatura mínima e máxima mensal, ocorrido durante 2018 a 2021, foram obtidas da estação meteorológica de observação de superfície convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) na área pertencente à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos-PR (Figura 2).

Figura 3– Dados meteorológicos durante as safras 2018/2019; 2019/2020 e 2020/2021



(Precipitação em milímetros e variação de temperatura para o período de janeiro de 2018 a janeiro de 2021 para Dois Vizinhos – Paraná). Fonte: Inmet (Instituto nacional de meteorologia). UTFPR, Pato Branco, PR, 2023.

As características químicas do solo de 0-10 e 10-20 cm foram determinadas antes da instalação do experimento e estão descritas na tabela 1.

Tabela 1: Análise química do solo, caracterizando os teores de potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), matéria orgânica (MO), saturação de bases (SB), pH, H +Al e V% de análise de solo, coleta realizada de 0 - 10 e 10- 20 cm de profundidade. UTFPR, Pato Branco, 2023.

Camada	cmol _c dm ⁻³									
	MO (gdm ⁻³)	P (mgdm ⁻³)	pH CaCl ²	K	H + Al	Ca	Mg	SB	CTC	
0-10 cm	42,89	17,52	5,4	0,58	3,97	6,4	2,0	8,98	12,95	
10-20 cm	36,19	9,73	5,1	0,38	4,61	5,7	2,6	8,68	13,29	

Laudo de análise de solo – UTFPR, Pato Branco, 2018. pH em CaCl² – Relação 1:2,5; P, K, – Extrator Mehlich 1; Ca, Mg, Al – Extrator: KCl 1molL⁻¹; H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 molL⁻¹ pH 7,0; B – Extrator água quente; S – Extrator fosfato monocálcio em ácido acético; SB = Soma de Bases e; V = Índice de Saturação de base. Fonte: A autora (2023).

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Trata-se de um experimento de longo prazo, que iniciou em setembro de 2018 na safra de verão, o qual conta com 4 sistemas de produção, em esquema fatorial 4x6, sendo dois de sucessão de culturas (soja-milho/feijão safrinha e plantas de cobertura e milho-soja/feijão e plantas de cobertura) e dois sistemas de rotação de cultura (incluindo feijão na safra e trigo no inverno). O fator A refere-se as estratégias de uso das parcelas (modelos de produção) na 1ª safra de verão e o fator B, nas subparcelas o manejo da 2ª safra de verão e o manejo na entressafra, totalizando 24 arranjos diferentes (Tabela 2) em delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e três repetições.

A parcela principal (12 ao todo) é constituída pelo cultivo da primeira safra de verão dentro de cada ano agrícola e as subparcelas (72 ao todo) pela segunda safra/safrinha com plantas comerciais com viés de produção de grãos ou plantas de cobertura. Salienta-se que o presente estudo foi avaliado três anos/safras agrícolas (safra 2018/19; 2019/20 e 2020/2021), porem o experimento irá continuar a campo para futuras avaliações, nas próximas décadas (Tabela 2).

Tabela 2 – Espécies utilizadas nos 4 sistemas de produção de grãos ao longo do período de três anos agrícolas. UTFPR, Pato Branco, PR, 2023.

Sistemas	Ano 1			Ano 2			Ano 3			
	Tratamento	Parcela principal	Subparcela	Entressafra	Parcela principal	Sub-parcela	Entressafra	Parcela principal	Sub-parcela	Entressafra
1	1	Milho	Soja	Av + Nabo*	Milho	Soja	Av + Nabo	Milho	Soja	Av + Nabo
	2		Feijão	Av + Nabo		Feijão	Av + Nabo		Feijão	Av + Nabo
	3		Crotalária	Av + Nabo		Crotalária	Av + Nabo		Crotalária	Av + Nabo
	4		Lablab	Av + Nabo		Lablab	Av + Nabo		Lablab	Av + Nabo
	5		Milheto	Av + Nabo		Milheto	Av + Nabo		Milheto	Av + Nabo
	6		Urochloa	Av + Nabo		Urochloa	Av + Nabo		Urochloa	Av + Nabo
2	7	Soja	Feijão	Aveia	Soja	Feijão	Aveia	Soja	Feijão	Aveia
	8		Milho	Aveia		Milho	Aveia		Milho	Aveia
	9		Crotalária	Aveia		Crotalária	Aveia		Crotalária	Aveia
	10		Lablab	Aveia		Lablab	Aveia		Lablab	Aveia
	11		Milheto	Aveia		Milheto	Aveia		Milheto	Aveia
	12		Urochloa	Aveia		Urochloa	Aveia		Urochloa	Aveia
3	13	Feijão	Soja	Av + Nabo	Milho	Soja	Av + Nabo	Soja	Milho	Aveia + Centeio
	14		Milho	Av + Nabo		Feijão	Av + Nabo		Feijão	Aveia + Centeio
	15		Crotalária	Av + Nabo		Crotalária	Av + Nabo		Crotalária	Aveia + Centeio
	16		Lablab	Av + Nabo		Lablab	Av + Nabo		Lablab	Aveia + Centeio
	17		Milheto	Av + Nabo		Milheto	Av + Nabo		Milheto	Aveia + Centeio
	18		Urochloa	Av + Nabo		Urochloa	Av + Nabo		Urochloa	Aveia + Centeio
4	19	Soja	Crotalaria	Trigo	Soja	Feijão	Av + Nabo	Milho	Soja	Trigo
	20		Urochloa	Trigo		Milho	Av + Nabo		Feijão	Trigo
	21		M+C*	Trigo		Urochloa	Av + Nabo		Urochloa	Trigo
	22		Milheto	Trigo		M + C + U*	Av + Nabo		M + C + U*	Trigo
	23		Lablab	Trigo		Crotalaria	Av + Nabo		Crotalaria	Trigo
	24		Pousio	Trigo		Lablab	Av + Nabo		Lablab	Trigo

* Av + Nabo – consórcio aveia + nabo. * M + C (Milheto + Crotalária) * M + C + U (Milheto + Crotalária + Urochloa). T= Tratamentos. Fonte: A autora (2023).

3.3 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

3.1.1 Culturas de grãos

Em relação à instalação do experimento, utilizou-se uma semeadora - adubadora de arrasto hidráulica da marca SEMEATO[®] modelo SHM 11/13, composta por 5 linhas e acoplada a um trator John Deere[®] 5605.

A área total destinada às parcelas, subparcelas e bordaduras ocupou em média 3 ha, onde cada parcela principal mediu 56 metros de comprimento e 40 metros de largura, totalizando 2240 m². As subparcelas destinadas as culturas com viés grãos foram estabelecidas com 9 metros de largura por 56 metros de comprimento, totalizando 252m² (quatro passadas de semeadora), e para as demais subparcelas destinadas as plantas de cobertura, duas passadas de semeadora (4,5 m de largura).

O espaçamento entre blocos foi em média 10 metros de largura, com o intuito de favorecer as manobras do conjunto trator – semeadora. O espaçamento entre linhas adotado para a cultura da soja, milho e feijão foi o de 0,45 metros com profundidade de semeadura entre 3 e 4 cm. Para a cultura do trigo e as plantas de cobertura se utiliza espaçamento de 17 e 34 cm entre linhas respectivamente.

Para a semeadura das culturas de grãos (soja, milho, feijão, trigo) seguiu-se o zoneamento agrícola das culturas, sendo necessário em algumas situações à antecipação em alguns dias conforme surgiam boas condições de ambiente para semeadura (Ex: adiantar a semeadura do milho em razão das boas condições de umidade do solo).

As definições dos genótipos utilizados foram de acordo com os ciclos de cada espécie e sua época de semeadura, visando seguir um planejamento onde fosse possível viabilizar a segunda safra de verão, desta forma, se optou por materiais de ciclo precoce ou superprecoce posicionados dentro da janela produtiva. Tal como, cultivar de soja de grupo de maturação 5.4 semeada em final de setembro, início de outubro, uma vez que, esse é o período mais adequado para crescimento e desenvolvimento da soja na região do estudo, ainda, essa combinação permite a implantação da safrinha. Resumidamente, buscou-se adotar medidas intermediárias, visando não favorecer um sistema em relação ao outro.

A relação das cultivares e híbridos com suas respectivas datas de semeaduras utilizadas na primeira e segunda safra de 2018/2019; 2019/2020 e 2020/2021 estão descritas no quadro 1.

Quadro 1: Relação das culturas, cultivares/híbridos e data de semeadura utilizadas em cada sistema de produção na 1ª e 2ª safra de 2018/2019; 2019/2020 e 2020/2021. UTFPR, Pato Branco, PR, 2023.

1ª Safra		2018/2019	
Sistema	Cultura	Cultivar/Híbrido	Data de Semeadura
S1	Milho	30F53VYHR [®]	30/ago
S2	Soja	NS5445IPRO [®]	21/set
S3	Feijão	ANFC09 [®]	26/set
S4	Soja	P95R90IPRO [®]	23/out
2ª Safra		2018/2019	
Sistema	Cultura	Cultivar/Híbrido	Data de Semeadura
S1	Soja	TMG 7062IPRO [®]	01/fev
	Feijão	ANFC110 [®]	01/fev
S2	Milho	P3380HR [®]	01/fev
	Feijão	NS5445IPRO [®]	21/set
S3	Soja	TMG 7062IPRO [®]	03/jan
	Milho	P3380HR [®]	03/jan
S4	Plantas de cobertura		
1ª Safra		2019/2020	
Sistema	Cultura	Cultivar/Híbrido	Data de Semeadura
S1	Milho	30F53VYHR [®]	30/ago
S2	Soja	P95R90IPRO [®]	13/set
S3	Milho	30F53VYHR [®]	30/ago
S4	Soja	95R51IPRO [®]	11/out
2ª Safra		2019/2020	
Sistema	Cultura	Cultivar/Híbrido	Data de Semeadura
S1	Soja	TMG 7062IPRO [®]	24/jan
	Feijão	ANFC110 [®]	24/jan
S2	Milho	P3754PWU	24/jan
	Feijão	ANFC110 [®]	24/jan
S3	Soja	TMG 7062IPRO [®]	24/jan
	Feijão	ANFC110 [®]	24/jan
S4	Milho	P3754PWU	18/fev
	Feijão	ANFC110 [®]	18/fev
1ª Safra		2020/2021	
Sistema	Cultura	Cultivar/Híbrido	Data de Semeadura
S1	Milho	P3016VYHR [®]	27/ago
S2	Soja	95R51IPRO [®]	29/set
S3	Soja	95R51IPRO [®]	29/set
S4	Milho	P3016VYHR [®]	27/ago
2ª Safra		2020/2021	
Sistema	Cultura	Cultivar/Híbrido	Data de Semeadura
S1	Soja	TMG 7062IPRO [®]	09/fev
	Feijão	Triunfo	09/fev
S2	Milho	P3282VYH [®]	09/fev
	Feijão	Triunfo	09/fev
S3	Milho	P3282VYH [®]	09/fev
	Soja	ANFC110 [®]	09/fev
S4	Soja	TMG 7062IPRO [®]	09/fev
	Feijão	Triunfo	09/fev

Fonte: A Autora (2023).

Vale ressaltar que, no sistema 3, a cultura do milho foi utilizada somente na safra 2019/2020, pois na safra anterior utilizou-se a cultura do feijão e na safra 2020/2021 soja.

As diferenças entre épocas de semeadura ocorrem em função dos distintos arranjos

entre os sistemas de produção. Soja cultivada após trigo, automaticamente atrasa a semeadura do feijão na segunda safra. A definição das cultivares além de levar em consideração o planejamento das culturas em relação a época de semeadura e ciclo, foram escolhidas com base nos materiais que os produtores da região em questão utilizam, afim de manter a representatividade real do campo.

3.1.2 Plantas de cobertura

As plantas de cobertura foram dispostas no campo em sucessão a colheita das culturas de verão (Tabela 3) com taxa de semeadura de 20 kg ha⁻¹ de Crotalária e Milheto, 12 kg ha⁻¹ de *Urochloa* e 35 kg ha⁻¹ de Lablab. Os sistemas 1, 2 e 3 receberam as plantas de cobertura de forma isolada, ou seja, cada planta de cobertura em uma subparcela, enquanto que no sistema 4, optou-se também pela implantação de mix de plantas de cobertura associado ao uso destas isoladamente. No primeiro ano de estudo, utilizou-se o mix de Milheto + Crotalária (14 + 6 kg ha⁻¹) e no segundo e terceiro ano, optou-se pelo uso do mix de Milheto + Crotalária + *Urochloa* (12 + 6 + 4 kg ha⁻¹). A semeadura das espécies de cobertura de verão ocorreram nos dias 02/01 (sistema 1), 02/02 (sistema 2 e 3) e 02/03/19 (sistema 4) no primeiro ano, já no segundo ano os sistemas 1,2 e 3 receberam as espécies de cobertura de verão no dia 27/01/2020 e no sistema 4 no dia 03/03/2020. No terceiro ano, todos os sistemas (1, 2, 3 e 4) foram semeados no dia 09/02/2021.

Figura 4. . Desenvolvimento a campo, na area experimental na utfpr-dv das plantas de cobertura no mês de março e mês de maio. Pato Branco, 2023.



Fonte: A Autora (2023).

Após o cultivo das plantas de cobertura de verão, foi realizada a semeadura das espécies da entressafra de inverno, onde no primeiro ano de cultivo ocorreu a semeadura de

aveia (30 kg ha^{-1}) + nabo (10 kg ha^{-1}) nos sistemas 1 e 3, e aveia solteira (50 kg ha^{-1}) no sistema 2, e trigo no dia 27/05/2019 no sistema 4. Na entressafa do segundo ano, as sementeiras de todas as espécies ocorreram no dia 25/05/2020 nos sistemas 1, 2 e 3, o sistema 4 não recebeu o cultivo de trigo, e sim do consórcio de aveia+ nabo, no dia 18/06/2020. Para o sistema 2, manteve-se o cultivo da aveia solteira, uma vez que a cultura de verão e a soja e o uso exclusivo da aveia facilita o manejo de planas daninhas de folhas largas.

No terceiro ano, foi adotado o uso de aveia+nabo no sistema 1, e aveia solteira no sistema 2 e 3, com sementeira sobre as parcelas de plantas de cobertura de verão, de feijão e soja, e sobre milho nos dias 08/05/2021, 19/05/2021 e 21/07/2021 respectivamente. O trigo foi novamente estabelecido no sistema 4.

O trigo foi semeado via semeadora de fluxo contínuo no primeiro ano na data de 27 de maio de 2018, e no terceiro ano no dia 25 de maio de 2021, com espaçamento entre linhas de 17 cm e profundidade de sementeira de 2,5 cm. A cultivar de trigo utilizado no experimento foi a TBIO Toruk[®] e TBIO Audaz com taxa de sementeira de 150 kg ha^{-1} no primeiro e terceiro ano respectivamente.

Figura 5. Sementeira de aveia + nabo sobre as plantas de cobertura de 2º safra nos tratamentos com milho safra, e desenvolvimento de aveia solteira e consórcio aveia + nabo. UTFPR, Pato Branco, PR, 2023.



Fonte: A Autora (2023).

Com relação à adubação de base das culturas, seguiram-se as recomendações para cada cultura, de acordo com a necessidade apresentada pelas culturas, sendo padronizada uma aplicação de $130 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$ e $65 \text{ kg de K}_2\text{O}$, divididos da seguinte forma: 350 kg ha^{-1} do

formulado 05-20-10 (NPK) aplicados na safra de verão e 300 kg ha⁻¹ do mesmo formulado na segunda safra. Ainda, para o terceiro ano, essa adubação foi reduzida, visando observar os efeitos das plantas de cobertura, utilizando para a 1ª e 2ª safra respectivamente 300 e 160 kg ha⁻¹ do formulado 04-30-10 (NPK). Nas parcelas com trigo, a adubação de base foi feita previamente nas plantas de cobertura, sendo que na semeadura do trigo, foi utilizado apenas uma adubação de 150 kg de ureia na base no terceiro ano. A padronização da adubação entre os tratamentos ocorreu para minimizar um possível erro experimental.

A adubação de cobertura foi baseada na aplicação de fontes de nitrogênio e potássio, sendo que o nitrogênio foi aplicado entre os estádios V4 e V6 na cultura do milho (180 kg ha⁻¹ na 1ª safra e 100 kg ha⁻¹ na 2ª para o milho). A cultura do feijão e trigo receberam 60 kg N ha⁻¹ sempre na forma de uréia, enquanto que a soja e as plantas de cobertura receberam apenas o nutriente através da adubação de base. O potássio foi aplicado em cobertura na dose de 60 kg ha⁻¹ em todas as culturas cultivadas no verão, sendo que a aplicação ocorreu logo após as operações de semeadura.

O manejo geral de plantas daninhas, pragas e doenças seguiram as recomendações da Embrapa (EPAGRI, 2012; OLIVEIRA, ROSA, 2014; PIRES *et al.*, 2014; EMBRAPA, 2017) e estão descritos detalhadamente no Apêndice A, da mesma forma que os demais manejos empregados ao longo dos três anos de avaliação. Ressalta-se que os estudos dos itens 3.5.1 e 3.5.2 seguiram este mesmo manejo.

3.4 DETERMINAÇÕES DE PRODUTIVIDADE DE GRÃOS

Para obter a produtividade das culturas estudadas, as colheitas dos pontos amostrais ocorreram de forma manual, com avaliações das UE (Unidades experimentais) e extrapolada para hectare. Adotou-se em todos os anos de estudo, para a cultura da soja a colheita de 3 linhas centrais de 3 metros de comprimento (área amostral de 4,05 m²), para o feijão foram colhidas 3 linhas centrais de 4 metros (área amostral de 5,4 m²) e para o milho adotou-se a colheita de 2 linhas centrais de 5 metros (área amostral de 4,5 m²), sempre em duplicata.

Na sequência da colheita, as plantas de soja, milho e feijão foram submetidas à trilhadora estacionária, modelo BC – 80 III, acoplada ao trator, e posteriormente com as amostras definidas foram realizadas a determinação do rendimento de grãos. Da mesma forma que a colheita ocorreu em duplicata, as avaliações após trilha seguiram com duas amostragens por repetição e, em seguida, realizadas a média das mesmas. A partir do peso das amostras, ocorreu a correção para 13% de umidade e determinaram-se as produtividades em kg ha⁻¹. Em

relação a cultura do trigo, a definição de produtividade de grãos (kg ha^{-1}), se deu pela colheita de 3 m^2 de parcela, trilha manual das parcelas com posterior pesagem dos grãos com o uso de uma balança e corrigidos a umidade para 13%.

Depois de realizada a colheita dos pontos de avaliação das amostras para determinação de produtividade, a área com as culturas restante foi colhida com uma colheitadeira Massey modelo 32. Seguido da colheita no mesmo dia ou no dia seguinte, foi implantado as parcelas com as culturas da 2ª safra de verão, tanto de grãos como de plantas de cobertura seguindo seus tratamentos.

3.5 AVALIAÇÃO DO ACÚMULO DE BIOMASSA DAS PLANTAS DE COBERTURA

O acúmulo de biomassa das plantas de cobertura na 2º safra de verão foram avaliadas durante seu ciclo no primeiro e segundo ano, com avaliação final aos 58 (sistema 4), 86 (sistema 1 e 2) e 117 (sistema 3). No segundo ano foram realizadas apenas duas coletas com 107 DAS no sistema 4 e 119 DAS nos demais sistemas, já no terceiro ano foi feito apenas uma avaliação final aos 79 DAS.

Essas avaliações foram realizadas a fim de verificar a produção de massa seca (kg ha^{-1}) de cada tratamento, por meio da coleta de dois pontos de 1 metro linear em cada parcela experimental. Após a coleta as amostras eram pesadas e acomodadas em sacos de papel e submetidas ao processo de secagem em estufa de ar forçado a 60°C até encontrar o peso constante. A partir do peso foram calculadas as produções de massa seca por hectare.

As coletas de biomassa da entressafra (Aveia e Aveia + Nabo) em ambas as safras estão apresentadas (Tabela 3) conforme o cronograma de semeadura das culturas sucessoras. O procedimento de coleta e avaliação esta sendo o mesmo realizado para as plantas de cobertura de 2º safra, já descrito anteriormente.

Tabela 3: Datas de semeadura, avaliação e período de permanência no campo da entressafra de inverno de 2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021. UTFPR, Pato Branco – PR, 2023.

Entressafra 2019				
Sistemas	Cultura antecessora	Semeadura	Avaliação	Período (DAS)
1	Soja 2ª safra	27/05/2019		67
	Feijão 2ª safra	06/05/2019	02/08/2019	88
	Plantas de cobertura	29/04/2019		95
2	Milho 2ª safra	20/06/2019		43
	Feijão 2ª safra	06/05/2019	02/08/2019	88
	Plantas de cobertura	29/04/2019		95
3	Soja 2ª safra	06/05/2019		88
	Milho 2ª safra	20/05/2019	02/08/2019	74
	Plantas de cobertura	29/04/2019		95
4	Milho 2ª safra	15/06/2019		-
	Feijão 2ª safra	25/05/2019	10/10/2019	-
	Plantas de Cobertura	18/06/2019		-
Entressafra 2020				
Sistemas	Cultura antecessora	Semeadura	Avaliação	Período (DAS)
1	Soja 2ª safra	25/05/2020		85
	Feijão 2ª safra	27/04/2020	18/08/2020	113
	Plantas de cobertura	25/05/2020		85
2	Milho 2ª safra	15/06/2020		91
	Feijão 2ª safra	27/04/2020	14/09/2020	140
	Plantas de cobertura	25/05/2020		111
3	Soja 2ª safra	25/05/2020		111
	Feijão 2ª safra	27/04/2020	14/09/2020	140
	Plantas de cobertura	25/05/2020		111
4	Milho 2ª safra	15/06/2020		64
	Feijão 2ª safra	25/05/2020	18/08/2020	85
	Plantas de cobertura	18/06/2020		61
Entressafra 2021				
Sistemas	Cultura antecessora	Semeadura	Avaliação	Período (DAS)
1	Soja 2ª safra	19/05/2021		74
	Feijão 2ª safra	19/05/2021	01/08/2021	74
	Plantas de cobertura	08/05/2021		85
2	Milho 2ª safra	21/07/2021		33
	Feijão 2ª safra	19/05/2021	23/08/2021	96
	Plantas de cobertura	08/05/2021		107
3	Soja 2ª safra	19/05/2021	16/08/2021	96
	Milho 2ª safra	21/07/2021		26
	Plantas de cobertura	08/05/2021		100
4	Soja 2ª safra			
	Feijão 2ª safra	25/05/2021	05/10/2021	133
	Plantas de Cobertura			

Fonte: A autora (2023).

Para calcular a biomassa total dos tratamentos realizou-se a soma das produções da 1ª safra, 2ª safra e entressafra. No caso das culturas comerciais que além de massa seca possuem

produção de grãos, foram considerados um Índice de Colheita (IC) de 50% para soja (SPAETH *et al.*, 1984), milho (LI *et al.*, 2015), feijão e trigo (DAI, *et al.* 2016).

3.5.1 Produtividade das Plantas de Cobertura na 2ª Safra de Verão em Função das Épocas de Semeadura

Com o intuito de avaliar além da produtividade de biomassa total que as plantas de cobertura entregaram dentro de cada tratamento/modelo de produção, foi realizada uma análise abordando o efeito da época de semeadura na produtividade dessas espécies de cobertura de verão, ou seja, quanto de biomassa as mesmas entregam durante o seu ciclo de desenvolvimento ao sistema e como isso pode ser afetado pela época de semeadura, podendo gerar informações no entendimento da época de semeadura sobre a produtividade.

Para tanto, foram consideradas as espécies de cobertura sobre a cultura da soja (S2 e S4) na safra 2018/2019 e 2019/2020. As plantas de cobertura foram semeadas em três épocas de semeadura (02/01; 02/02 e 02/03) em 2019, e duas épocas de semeadura (27/01 e 03/03/2020) em 2020, após a colheita da soja. As diferenças entre os anos podem ser explicadas pelas condições climáticas onde a falta de chuvas na entressafra de 2020 impossibilitou o plantio precoce, assim como a semeadura sobre o sistema 4 que por ter trigo atrasou a semeadura da safrinha verão.

Para essa análise, seguiu-se o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 3x3 para cada época de semeadura, na segunda safra de 2019 e 2020, sendo o fator A representado pelas espécies de cobertura (*Urochloa brizantha* cultivar Xaraés, *Crotalaria juncea* cultivar IAC-KR-1 e *Pennisetum glaucum* cultivar ANm 38,) e o fator B pelas épocas de avaliação (idade de corte) durante o ciclo de desenvolvimento das plantas de cobertura (28/03; 12/04 e 29/04/2019 para as três épocas de semeadura, e 09/03; 06/04 e 25/05/2020 para a 1ª época de semeadura (27/01/2020) do 2º ano e 20/04; 25/05 e 18/06/2020 para a 2ª época de semeadura (03/03/2020)) com três repetições.

Como relatado anteriormente, as plantas de cobertura foram semeadas com espaçamento entre linhas de 34 cm e profundidade de semeadura de 2 cm, nas densidades de 12 kg ha⁻¹ de *U. Brizantha* e 20 kg ha⁻¹ para *C. juncea* e *P. glaucum*

As seguintes variáveis foram avaliadas nas diferentes idades de corte: altura da planta (medindo a altura de 10 plantas na parcela e expressa em cm) e massa de matéria seca (kg ha⁻¹), cortando e secando uma amostra de 1 metro linear em uma estufa de ar forçado a 60° C até peso constante.

Após a coleta dos dados desta análise em específico, os mesmos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativos, as médias do período de avaliação e das plantas de cobertura foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para análise estatística, foi utilizado o software SISVAR (FERREIRA, 2008).

3.5.2 Efeito da Cultura Antecessora sobre a Produção de Biomassa de Plantas de Cobertura

Ainda, buscando evidenciar além da produtividade de biomassa total que as plantas de cobertura entregaram dentro de cada tratamento/sistema e o efeito da época de semeadura e idade de corte, foi realizado também um estudo abordando o efeito da cultura antecessora (milho e soja (sistema 1 e 2)) sobre a produção de biomassa das plantas de cobertura na 2ª safra de verão e entressafra de 2019 e 2020, mostrando desta forma se ocorre relação entre a cultura antecessora para a produção de biomassa das espécies de cobertura de entressafra de verão e inverno.

Para tanto, considerando o milho (30F53VYHR[®]) e a soja (Nideira5445IPRO[®] e Pioneer 95590IPRO[®]) como cultura antecessora, as semeaduras das plantas de cobertura *Urochloa brizantha* cultivar Xaraés, *Crotalaria juncea* cultivar IAC-KR-1, *Dolichos lablab* e *Pennisetum glaucum* cultivar ANm 38, ocorreram nos dias 02/01/2019 (sobre milho) e 02/02/2019 (sobre soja) e no segundo ano todas as espécies foram semeadas em 27/01/2020. Para cada ano safra, as espécies de cobertura foram avaliadas em diferentes períodos de avaliação (idades de corte), sendo eles em 28/02, 28/03, 12/04 e 29/04 para o ano de 2019 e em 09/03, 06/04 e 25/05 para o ano de 2020. Esta diferença entre os anos para os períodos de avaliação é efeito das condições climáticas (Figura 1), onde a falta de precipitação atrasou o desenvolvimento inicial das espécies no segundo ano, assim como as restrições oriundas da pandemia COVID 19. Ainda, posterior a colheita final das plantas de cobertura de verão (29/04/2019 e 25/05/2020), no mesmo dia, foram semeadas sobre as parcelas oriundas da soja, aveia solteira e das provindas do milho nabo solteiro.

O delineamento experimental utilizado neste caso foi de blocos ao caso em esquema trifatorial 2x4x4 para 2019 e 2x3x4 para 2020, sendo o fator A composto pelas culturas antecessoras (soja e milho), o fator B pelos períodos de avaliação (idade de corte) durante o desenvolvimento das plantas (28/02; 28/03,12/04 e 29/04/2019 e 09/03; 06/04 e 25/05/2020) e o Fator C pelas plantas de cobertura (*Urochloa brizantha* cultivar Xaraés, *C. juncea juncea* cultivar IAC-KR-1, *Dolichos lablab* e *Pennisetum glaucum* cultivar ANm 38,) com três repetições para as espécies de verão. Para as plantas de cobertura utilizadas na entressafra

outono/inverno, adotou-se um esquema fatorial 2x4 em ambos os anos, sendo o fator A composto pelas culturas da entressafra (aveia e nabo) e o fator B pelas plantas de cobertura da 2ª safra verão, com três repetições.

Previamente a semeadura das plantas de cobertura, em ambos os anos de estudos, foi realizada dessecação na área com herbicida glyphosate ZappQI® (1080 g i.a. ha⁻¹) a fim de controlar as plantas daninhas. A semeadura e manejo das plantas de cobertura de segunda safra de verão e de inverno seguiram a descrição dos tópicos 3.1.2 e 3.5.

Em cada idade de corte durante o desenvolvimento das espécies de cobertura foram feitas avaliações quanto a produção de biomassa seca, cortando-se dois pontos de 1 metro linear por parcela experimental, posteriormente essa amostra seguiu para pesagem e secagem em estufa de ar forçado a 60°C até peso constante, obtendo assim kg MS ha⁻¹. O mesmo processo se seguiu para as culturas de inverno. A avaliação das espécies de inverno ocorreu no momento da colheita aos 95 dias após a semeadura (DAS) no ano de 2019, e para o segundo ano, o nabo foi colhido aos 85 DAS enquanto a aveia aos 111 DAS.

Desta forma, para obter a biomassa total de cada arranjo produtivo, incluindo a entressafra de inverno (*Avena strigosa* e *Raphanus sativus*) na sucessão das plantas de cobertura de verão, foram somadas as produções de biomassa das espécies de verão com as de inverno em sucessão à soja e ao milho.

Após a coleta destes dados os mesmos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativa, as médias do fator período de avaliação e plantas de coberturas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a análise estatística desse estudo em questão utilizou-se o software SISVAR (FERREIRA, 2008).

3.6 AVALIAÇÕES ECONÔMICAS DOS SISTEMAS

3.6.1 Avaliação dos custos de produção e indicadores de desempenho econômico

Foram considerados para o levantamento dos custos de produção todos os valores empregados para a obtenção dos insumos e dos serviços necessários para a execução das etapas de semeadura, tratos culturais, colheita e transporte das culturas estudadas (safra 2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021), de acordo com a metodologia proposta por Martin *et al.*, (1998), sendo estes considerados como Custos Operacionais Efetivos (COE), assim, utilizando apenas os valores referentes aos custos destinados para a realização das atividades agrícolas. Em relação aos custos com insumos, os mesmos foram contabilizados a partir do preço de compra no momento da implantação do experimento.

Para o custo com operações agrícolas, utilizou-se como base a terceirização das operações, sendo considerado para esse caso um valor médio que os produtores da região pagam. Sendo para safra 2018/2019 e 2019/2020 considerado para semeadura o valor de R\$ 120,00 ha⁻¹, e para os tratos culturais com manejo de aplicações de herbicidas, inseticidas e fungicidas considerou-se um valor de 30,00 R\$ ha⁻¹ para cada operação. No terceiro ano (2020/2021), foi considerado para semeadura o valor de R\$ 130,00 ha⁻¹ e para os tratos culturais com manejo de aplicações considerou-se um valor de 40,00 R\$ ha⁻¹ para cada operação. Os custos das operações de colheita e transporte dos produtos da lavoura até as praças de comercialização foram estimados em função da produção por hectare, considerando para a colheita 8% e para o transporte, R\$ 1,00 para cada 60 kg de produção.

Para obter um valor de comercialização dos produtos finais (grãos) para o presente estudo, consideraram-se os preços médios unitários de venda dos grãos de soja, feijão, milho e do trigo, praticados nas três maiores cooperativas da região no momento da colheita, e respaldados pela SEAB (Secretaria da agricultura e Abastecimento) para o município de Dois Vizinhos/PR nas safras estudadas (Tabela 4).

Tabela 4: Preço de venda de soja, milho, feijão e trigo de acordo com as três maiores cooperativas da região nas safras 2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021. UTFPR- Pato Branco, PR, 2023.

Safra	2018/2019		2019/2020		2020/2021	
Cultura	R\$/ Kg	R\$/ sc	R\$/ Kg	R\$/ sc	R\$/ Kg	R\$/ sc
Soja 1° safra	1,30	78,00	1,30	78,00	2,58	154,80
Soja 2° safra	1,30	78,00	1,45	87,00	2,58	154,80
Milho 1° safra	0,63	37,80	0,66	39,60	1,21	72,60
Milho 2° safra	0,58	34,80	0,68	40,80	1,60	96,00
Feijão 1° safra	5,00	300,00	-	-	-	-
Feijão 2° safra	2,50	150,00	3,00	180,00	3,33	200,00
Trigo (inverno)	0,75	45,00	-	-	1,45	87,00

Fonte: A Autora (2023).

Com base na relação dos custos de todas as etapas de cultivo, considerando dessecação, pré-semeadura, semeadura, tratos culturais e colheita para cada cultura individualmente, foram somados os custos referentes a 1°, 2° safra e entressafra, originando os custos médios de produção por ha⁻¹ (apêndices B).

Para avaliar a viabilidade econômica de cada tratamento, foram considerados os indicadores de desempenho: Receita Bruta (RB); Margem Bruta (MB), Lucro Operacional (LO) e Índice de Lucratividade (IL), de acordo com o proposto por Martin *et al.*, (1998).

Desta forma, a receita bruta refere-se ao resultado entre a multiplicação da

produtividade (kg ha^{-1}) e o preço unitário de comercialização (R\$ Kg), expresso na equação (1):

$$RB = Pr \times Pu$$

em que: Pr = Produtividade

Pu = Preço unitário

Enquanto que a MB, refere-se à rentabilidade de uma atividade ou negócio, sendo o seu valor dado em percentual. Portanto o resultado é obtido através da subtração do COE da Receita bruta e posteriormente dividido pelo COE e multiplicado por 100, como demonstrado na equação a seguir:

$$MB(COE) = \frac{RB - COE}{COE} \times 100$$

onde RB = Receita Bruta

COE = Custo operacional Efetivo

O Lucro Operacional (LO) é caracterizado pela diferença entre a RB e o COE por área (ha^{-1}) dado em R\$ ha^{-1} , conforme a equação:

$$LO = RB - COE$$

onde RB = Receita Bruta

COE = Custo operacional Efetivo

Já o Índice de Lucratividade (IL): estima-se por meio da relação entre LO e RB, dado em percentual:

$$IL = \frac{LO}{RB} \times 100$$

onde LO = Lucro Operacional

RB = Receita Bruta

Sendo assim, para apresentar a viabilidade econômica dos modelos de produção (tratamentos de 1 ao 24), foram somados os COE e a RB R\$ ha^{-1} das três safras agrícolas (2018/2019; 2019/2020 e 2020/2021) e com base neles, foram calculados os indicadores econômicos MB %, LO R\$ ha^{-1} e IL %.

Para demonstração dos cenários positivos, médios e negativos, através dos indicadores econômicos das três safras considerando o efeito do sistema de produção agrícola (Sistema 1, 2, 3 e 4), foram elencados os valores do IL para obter o sistema com o máximo e o mínimo retorno econômico. Já o valor médio do retorno econômico foi obtido pela média do IL de todos os tratamentos dentro de cada sistema, (exemplo: Sistema 1, média do valor do IL do tratamento 1 ao 6).

O indicador IL simboliza o retorno sobre o custo de produção das atividades e, sendo assim, quanto maior for esse valor, maior é a possibilidade de retorno econômico do tratamento. Da mesma forma, o LO caracteriza o resultado econômico final da atividade já descontando os custos operacionais. Mesmo com a existência e relevância de outros indicadores econômicos, como explica Martin *et al.*,(1998), estes dois citados expressam o resultado líquido de uma atividade, ou seja, consideram o desempenho final da atividade após se contabilizarem os custos de produção, tornando-se os parâmetros de maior relevância durante a análise dos resultados desta pesquisa.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados referentes aos estudos sobre efeito da época de semeadura das plantas de cobertura; efeito da cultura antecessora sobre a produtividade de biomassa de plantas de cobertura; foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). Os dados de biomassa de total (1ª safra+2ª safra+entressafra) foram comparados pelo teste de médias de Scott-Knott ($p \leq 0,05$), assim seguindo os desdobramentos necessários com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

Já os demais dados da viabilidade técnica e econômica, visando uma melhor interpretação dos resultados, foram analisados através de uma análise descritiva dos indicadores, comparando os modelos de produção, buscando evidenciar as diferenças entre os modelos de sucessão versus rotação de culturas, assim como, os seis diferentes arranjos de forma individualizada dentro de cada um dos quatro sistemas, totalizando 24 diferentes modelos de produção para a safra 2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PLANTAS DE COBERTURA

4.1.1 Rendimento das Plantas de Cobertura como Segunda Safra de Verão em Função das Épocas de Semeadura

Estudar e entender o potencial produtivo das plantas de cobertura semeadas de janeiro a março ajudará a fomentar seus benefícios como culturas de segunda safra, uma vez que, após a safra de verão, algumas áreas ficam em pousio e mais propensas à perda de solo e nutrientes por erosão, assim como infestações de plantas daninhas (PETERSON *et al.*, 2019), que ao longo do tempo tem resultado em menor potencial produtivo das culturas de interesse comercial e maior custos de produção devido ao uso adicional de herbicidas, fertilizantes e intervenção mecânica do solo (ROSSETTI; CENTURION, 2015).

A adoção de plantas de cobertura favorece outras culturas em rotação, graças ao efeito residual da palhada e das raízes (VAN WESTERING *et al.*, 2021), que com o tempo aumentam o teor de matéria orgânica (MO) do solo, o que está diretamente relacionado com a adição de nitrogênio (N) ao mesmo. Além disso, o uso de plantas de cobertura reduz a compactação do solo e a ocorrência de ervas daninhas (DEBIASI *et al.*, 2011) e proporciona melhorias químicas, físicas e biológicas, permitindo uma melhor fertilidade do solo (ALBUQUERQUE *et al.*, 2013).

Uma das premissas para o sucesso na produção de biomassa é a escolha correta das plantas de cobertura a serem utilizadas, as quais devem ser adaptadas às condições do local de cultivo, bem como, sua precocidade aliada à capacidade de estabelecimento rápido (ALVARENGA *et al.*, 2001; PACHECO *et al.*, 2013). Além disso, características que contribuem para uma maior supressão de ervas daninhas e melhoria nas propriedades do solo, incluem maior altura da planta e acúmulo de biomassa, fechamento mais precoce do dossel e capacidade de absorção e acúmulo de nutrientes, importantes para a ciclagem de nutrientes no sistema solo-planta (ALBUQUERQUE *et al.*, 2013; BAJWA *et al.*, 2017; KUNZ *et al.*, 2016).

Assim, a produção de biomassa da cultura de cobertura depende principalmente da duração do período de semeadura e crescimento, que é diretamente afetado pela época do ano, uma vez que, as condições climáticas do outono e inverno podem prejudicar o crescimento,

devido a baixas temperaturas ou mesmo geadas. As condições edáficas, fitossanitárias, as práticas de manejo e a agressividade do sistema radicular também desempenham um papel importante na produção de biomassa (CARVALHO; AMABILE, 2006).

Portanto, estudos que avaliem o crescimento e o acúmulo de biomassa de espécies de plantas de cobertura em diferentes idades de corte, em função das épocas de semeadura após a cultura da soja, são muito importantes, pois podem subsidiar a tomada de decisão na escolha das espécies com maior potencial de produção de biomassa e quando é o período ideal para semear uma próxima cultura em sucessão. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o crescimento e produção de biomassa final de plantas de cobertura em relação a diferentes épocas de semeadura ao longo de seu ciclo.

Neste sentido, ao analisar a taxa de acúmulo e o crescimento das plantas de cobertura ao longo de seu desenvolvimento, em cada época de semeadura, houve uma interação entre os fatores (espécie x época de avaliação) para as variáveis altura de planta e matéria seca em ambos os anos estudados (Tabela 5, 6).

Em relação à altura das plantas, as plantas de cobertura apresentaram maior altura aos 100 e 117 dias após a semeadura de janeiro de 2019, exceto *U. brizantha* que atingiu a maior altura apenas na terceira época de avaliação (117 DAS) (Tabela 5). Ainda, é possível observar que *C. juncea* e *P. glaucum* atingiram maior altura que *U. brizantha*, independentemente da época de avaliação (Tabela 5).

Tabela 5. Altura das plantas de cobertura (cm) nas diferentes épocas de semeadura em relação à data de avaliação na segunda safra de verão de 2019 e 2020. UTFPR, Pato Branco, 2023.

Entressafra verão 2019			
02 de janeiro			
Espécies de cobertura	85 DAS ¹ 28/mar	100 DAS 12/abr	117 DAS 29/abr
<i>U. brizantha</i>	95.00 Bc ²	118.13 Bb	138.00 Ba
<i>C. juncea</i>	205.30 Ab	221.90 Aa	221.90 Aa
<i>P. glaucum</i>	201.37 Ab	220.57 Aa	222.67 Aa
CV (%) ³	3,32		
02 de fevereiro			
Espécies de cobertura	54 DAS 28/mar	69 DAS 12/abr	86 DAS 29/abr
<i>U. brizantha</i>	75.23 Bc	88.67 Cb	115.00 Ba
<i>C. juncea</i>	156.80 Ac	191.83 Ab	210.47 Aa
<i>P. glaucum</i>	156.63 Ac	174.47 Bb	205.17 Aa
CV (%)	3,09		
02 de março			
Espécies de cobertura	26 DAS 28/ mar	41 DAS 12/abr	58 DAS 29/abr
<i>U. brizantha</i>	11.50 Bc	24.23 Cb	42.17 Ca
<i>C. juncea</i>	25.63 Ac	63.73 Bb	116.10 Ba
<i>P. glaucum</i>	22.63 Ac	71.00 Ab	152.43 Aa
CV (%)	5,52		
Entressafra verão 2020			
27 de janeiro			
Espécies de cobertura	42 DAS 09/mar	70 DAS 06/abr	119 DAS 25/maio
<i>U. brizantha</i>	64.63 Bb	79.16 Cab	90.86 Ba
<i>C. juncea</i>	109.33 Ab	174.23 Aa	184.70 Aa
<i>P. glaucum</i>	108.53 Aa	115.40 Ba	104.16 Ba
CV (%)	8.39		
03 de março			
Espécies de cobertura	48 DAS 20/abr	83 DAS 25/maio	107 DAS 18/jun
<i>U. brizantha</i>	15.06 Bc	39.80 Cb	60.93 Ba
<i>C. juncea</i>	26.46 Ab	101.93 Aa	122.93 Aa
<i>P. glaucum</i>	35.06 Ac	76.13 Bb	108.80 Aa
CV (%)	17.86		

¹Dias após a semeadura (DAS). ²Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, dentro de cada época de semeadura, não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ³CV= coeficiente de variação. Fonte: A Autora (2023).

Considerando as épocas de avaliação, pode-se observar em 2020 que *U. brizantha*, apresentou comportamento diferenciado com maior taxa de crescimento quanto mais precocemente foi semeada. Desta forma, *U. brizantha* apresentou altura de 79 e 39 cm, respectivamente, aos 70 e 83 DAS para a época de semeadura de 27 de janeiro e 3 de março (Tabela 5). *C. juncea* apresentou resultados semelhantes ao ano anterior com as maiores

alturas nas últimas épocas de avaliação aos 70 e 119 DAS, e o *P. glaucum* apresentou um crescimento estável, aumentando sua biomassa com o passar do tempo, embora a semeadura mais precoce no ano também resultou em maior estatura (Tabela 5). É importante destacar que os dias ficam mais curtos e a temperatura cai de 21 de dezembro a 21 de junho, o que representa o início do verão e o início do inverno. Esta condição afeta diretamente o desenvolvimento das plantas e o potencial de produção de biomassa para espécies tropicais.

Da mesma forma que na entressafra de 2019, quando se observa o comportamento da espécie dentro de cada período de avaliação na safra 2020, a *C. juncea* e *P. glaucum* apresentaram maior altura em relação a *U. brizantha* aos 42 e 70 DAS (Tabela 5). A *C. juncea* se destacou entre as espécies, apresentando maior altura quando semeada em janeiro de 2020, comportamento também observado quando semeada em fevereiro do ano anterior (Tabela 5).

De forma geral, observa-se que há redução da altura final das plantas como o atraso da semeadura de janeiro para março. Quando as plantas de cobertura foram semeadas no mês de fevereiro, conforme a época de avaliação, a maior altura foi encontrada aos 86 DAS quando comparada aos 69 e 54 DAS para todas as espécies, resultado semelhante ao encontrado para a primeira época de semeadura e que se mantém em terceiro período (Tabela 5). Também nesta segunda época de semeadura da entressafra 2019, destaca-se o potencial de crescimento de *C. juncea*, que cresceu em média 2,78 cm por dia, em comparação com *P. glaucum* e *U. brizantha*, que cresceram em média 2,53 e 1,29 cm por dia, respectivamente (Tabela 5).

Tentando comparar a produção de biomassa em épocas semelhantes após a semeadura nas diferentes épocas, constata-se os valores de altura de 201, 205 e 152 cm atingidos por *P. glaucum* aos 85, 86 e 58 DAS quando semeados em 2 de janeiro, 2 de fevereiro e 2 de março. A semeadura de janeiro e fevereiro apresentou desenvolvimento e estatura semelhantes, porém a semeadura de março resultou em menor aumento na altura das plantas, provavelmente devido às menores temperaturas registradas neste período do ano (Figura 3).

Com relação ao comportamento da espécie quando semeada em março nos dois anos, verifica-se que todas as espécies de cobertura apresentaram o mesmo comportamento em relação ao período de avaliação, com a maior altura encontrada no último período de avaliação aos 58 e 107 DAS para os anos de 2019 e 2020 respectivamente, exceto *C. juncea* que não apresentou diferença de altura quando avaliada aos 83 e 107 DAS no segundo ano (Tabela 1). Entre as espécies, novamente *C. juncea* e *P. glaucum* se destacaram em relação a *U. brizantha* em ambos os anos, porém, *P. glaucum* não diferiu de *C. juncea* aos 26 e 48 DAS

no primeiro e segundo ano respectivamente, porém, destacou-se das demais espécies aos 41 e 58 DAS na entressafra de 2019. No segundo ano, apenas *C. juncea* se destacou entre as espécies (Tabela 5).

Essa diferença de altura contrastante entre *U. brizantha* e outras espécies pode ser explicada por seu hábito de crescimento cespitoso (RIBEIRO *et al.*, 2016) e, portanto, por seu crescimento inicial mais lento, resultante de um ciclo fisiológico de perfilhamento mais longo, seguido pela fase de alongamento, onde seu crescimento geralmente se torna mais acelerado após 50 dias da semeadura, quando começa a apresentar incremento de crescimento acelerado em relação às demais espécies avaliadas, o que pode ser observado nos dados deste estudo. Além disso, a semeadura tardia (02 e 03 de março) reduz significativamente sua altura e, portanto, a capacidade produtiva, corroborando com Erasmo, *et al.*, (2017) que relatou forte impacto negativo do atraso da semeadura do verão para o outono na altura de *U. brizantha*.

Em contrapartida, a *C. juncea* mostrou ser uma espécie com crescimento inicial mais rápido, provavelmente por ser uma leguminosa de hábito de crescimento ereto (CALEGARI, 2019), assim como o *P. glaucum*, não apresentando perfilhamento, o que dificulta a produção de fotoassimilados voltados mais intensamente para o crescimento apical, gerando maiores alturas (PETTER *et al.*, 2013). Esse fato torna essa espécie interessante como adubação verde, controle de plantas infestantes e como planta de cobertura, por ocupar as áreas de forma mais rápida (WUTKE *et al.*, 2007).

Leal *et al.*, 2012, estudando os efeitos das épocas de semeadura sobre o desenvolvimento da *C. juncea*, relataram que as plantas eram mais baixas à medida que as épocas de semeadura eram atrasadas do verão para o outono, mostrando que as plantas são sensíveis à duração da luz do dia e, portanto, semeaduras tardias tendem a reduzir sua altura final.

Ao analisar a produção de biomassa seca das espécies semeadas em janeiro, nas respectivas épocas de avaliação, é possível observar um comportamento semelhante entre *U. brizantha* e *C. juncea* aos 85 DAS, embora ambas as espécies tenham apresentado biomassa inferior ao *P. glaucum* no mesmo período (Tabela 6). Assim, *U. brizantha* e *C. juncea* apresentaram aumento de biomassa à medida que o período de avaliação foi de 85 a 100 DAS ou de 28 de março a 12 de abril, enquanto *P. glaucum* apresentou pico de produção de MS aos 85 DAS no primeiro ano (Tabela 6). Esses resultados são importantes, pois podem apoiar a tomada de decisão sobre quando semear uma próxima cultura sobre essas espécies de cobertura, que podem ser tanto uma cultura de cobertura ou comercial, como aveia preta ou trigo.

Além disso, como pode ser visto na Tabela 6, o aumento de matéria seca estabilizou em 100 DAS para todas as espécies de plantas de cobertura na época de semeadura de 02 de janeiro, que é representada pelo período de crescimento de 02/01 a 12/04/19. Este resultado pode ser explicado pelo fato do *P. glaucum* atingir seu estágio reprodutivo aos 85 DAS, não aumentando significativamente a matéria seca após este período. *U. brizantha* e *C. juncea* apresentaram menor aumento de biomassa inicial, o que resultou em maior diferença do 1º para o 2º período de avaliação. Além disso, quando comparado as espécies, o *P. glaucum* apresentou a maior taxa de acúmulo de massa seca, seguido por *U. brizantha* e *C. juncea* (Tabela 6).

No segundo ano, o *P. glaucum* manteve o mesmo comportamento da entressafra anterior, apresentando maior precocidade em relação às demais espécies, com a maior produção de massa seca, embora com o passar do tempo as diferenças entre *P. glaucum* e *U. brizantha* tenham diminuído, assim como a biomassa produzida por *C. juncea* que estabilizou seu aumento de biomassa aos 70 DAS. Desta forma, a produção de biomassa seca de *C. juncea* e *U. brizantha* não diferiu em 2020 quando avaliada aos 70 e 119 DAS (Tabela 6).

Quando comparada a produção de biomassa seca nas épocas de semeadura de janeiro e 2 de fevereiro, é possível observar um aumento semelhante aos 85 e 86 DAS para todas as plantas de cobertura, porém, quando a semeadura ocorre em 2 de março, a redução da produtividade aparece em maior extensão (Tabela 6).

Tabela 6. Massa seca de plantas de cobertura (kg ha⁻¹) em diferentes épocas de semeadura em relação à data de avaliação. UTFPR, Pato Branco, 2023.

Entressafra verão 2019			
02 de janeiro			
Espécies de cobertura	85 DAS ¹ 28/mar	100 DAS 12/abr	117 DAS 29/abr
<i>U. brizantha</i>	7,943.04 Bb ²	11,383.93 Ba	11,676.67 Ba
<i>C. juncea</i>	7,462.68 Bb	9,018.29 Ca	8,800.00 Ca
<i>P. glaucum</i>	14,181.88 Aa	15,021.97 Aa	14,611.46 Aa
CV (%) ³	4,63		
02 de fevereiro			
Espécies de cobertura	54 DAS 28/mar	69 DAS 12/abr	86 DAS 29/abr
<i>U. brizantha</i>	3,384.04 Bb	8,024.51 Ba	8,577.52 Ba
<i>C. juncea</i>	4,533.55 ABb	5,990.51 Cb	8,217.37 Ba
<i>P. glaucum</i>	5,517.05 Ac	9,914.80 Ab	14,154.56 Aa
CV (%)	9,76		
02 de março			
Espécies de cobertura	26 DAS 28/mar	41 DAS 12/abr	58 DAS 29/abr
<i>U. brizantha</i>	84.76 Ac	516.27 Cb	2,220.08 Ca
<i>C. juncea</i>	334.85 Ac	1192.66 Bb	2,554.80 Ba
<i>P. glaucum</i>	399.42 Ac	1534.97 Ab	4,200.00 Aa
CV (%)	10,87		
Entressafra verão 2020			
27 de janeiro			
Espécies de cobertura	42 DAS 09/mar	70 DAS 06/abr	119 DAS 25/maio
<i>U. brizantha</i>	1,512.56 Bc	8,913.23 Bb	12,507.30 Aa
<i>C. juncea</i>	3,607.87 Bb	6,707.97 Ba	7,812.74 Ba
<i>P. glaucum</i>	6,630.85 Ac	12,774.97 Ab	14,406.00 Aa
CV (%)	32,31		
03 de março			
Espécies de cobertura	48 DAS 20/abr	83 DAS 25/maio	107 DAS 18/jun
<i>U. brizantha</i>	683.52 Ab	1,698.61 Bb	3,041.30 Ba
<i>C. juncea</i>	1,015.15 Ab	1,721.21 Bab	2,345.86 Ba
<i>P. glaucum</i>	1,600.00 Ac	4,352.55 Ab	6,901.71 Aa
CV (%)	22,3		

¹Dias após a semeadura (DAS). ²Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, dentro de cada época de semeadura, não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ³CV= coeficiente de variação. Fonte: A Autora (2023).

O *P. glaucum* apresentou acúmulo de matéria seca (MS) de 102 Kg ha⁻¹ dia⁻¹ na semeadura de 02/02 a 28/03/19, resultando em produtividade de 5.517 kg MS ha⁻¹ aos 54 DAS. Esse valor caiu para 72 kg MS ha⁻¹ dia⁻¹ na semeadura de 3 de março, que ocorreu de 02/03 a 29/04/19, resultando em uma produtividade de 4220 kg MS ha⁻¹ aos 58 DAS. Isso significa que para o mesmo período de tempo (54 versus 58 dias) há uma diferença de produtividade de 1.297 kg MS ha⁻¹ entre a semeadura de 2 de fevereiro e 2 de março (Tabela 6). Além disso, a semeadura de fevereiro ainda tem parte do verão para aumentar sua produção de biomassa, enquanto a semeadura de março está mais próxima do inverno, o que limita seu potencial produtivo.

De forma geral, ainda tratando da cultura do *P. glaucum*, o mesmo apresentou o mais rápido acúmulo de biomassa seca e produtividade final com produtividade de 14.182 kg ha⁻¹ aos 85 DAS na semeadura de 1º de janeiro, mantendo sua produção superior às demais espécies ao longo dos períodos de avaliação. Já a *U. brizantha* e *C. juncea* apresentaram aos 85 DAS uma produção de 7.943 e 7.463 kg ha⁻¹ respectivamente, que não diferiram neste primeiro período de avaliação, porém, aos 100 e 117 DAS *U. brizantha* passa a ser superior a *C. juncea*, que apresentou a menor produção de matéria seca entre as espécies (Tabela 6).

Na entressafra de 2019, a *C. juncea* semeada em 2 de fevereiro apresentou aumento de biomassa seca de 4.533 para 8.217 kg ha⁻¹ quando avaliada de 28 de março a 29 de abril (54 a 86 DAS). Na entressafra de 2020, esta mesma cultura quando semeada em 27 de janeiro apresentou aumento semelhante, que passou de 3.607 para 6.700 kg ha⁻¹ de 09 de março a 06 de abril (42 e 70 DAS) (Tabela 6). Esses valores de matéria seca são muito interessantes, pois podem representar um efeito benéfico sobre a próxima safra, que normalmente é o trigo semeado em meados de maio. Pereira e Cols, (2017) avaliando *C. juncea* semeada em dezembro, relataram maior produção de biomassa aos 119 DAS, mostrando que a produção de biomassa tende a diminuir com o passar do tempo de dezembro a junho, uma vez que passa do verão para o inverno.

Em relação às espécies em cada época de avaliação, observa-se que não diferem quando avaliadas aos 42 DAS na época de semeadura de janeiro. Nesse aspecto, o *P. glaucum* apresentou resultados semelhantes a 2019, com a maior taxa de acúmulo de matéria seca entre as espécies. Pacheco *et al.*, (2011) destacam que o milheto (*P. glaucum*) é uma espécie recomendada para períodos de entressafra mais curtos, devido ao seu rápido crescimento, alta produção de biomassa e ciclagem de nutrientes, mesmo em condições de estresse, destacando seu potencial de uso.

Além disso, a meia-vida da matéria seca da parte mais passível de decomposição do *P. glaucum* é mais longa que a de *C. juncea*, pois aproximadamente 40% da massa acumulada dessa espécie está localizada no caule, que possui tecidos mais lignificados e relação C/N maior que a parte aérea, o que proporciona uma taxa de decomposição muito lenta, causando um efeito positivo na permanência desses resíduos para cobertura do solo na entressafra, o que está de acordo com Sodré Filho *et al.* (2004). Da mesma forma, *U. brizantha* em estágios reprodutivos tem uma meia-vida de matéria seca mais longa que *P. glaucum*.

Contudo, as gramíneas possuem uma rela o C/N mais alta em rela o as leguminosas, as quais imobilizam o nitrogênio do processo de fixa o biológica, por apresentar uma rela o C/N baixa (<20:1), gerando uma taxa de decomposi o mais rápida (COSTA *et al.*, 2015).

Assim, a escolha entre as espécies depende de qual cultura seria cultivada em sequência, por exemplo, se o interesse   por Canola, o *P. glaucum* se encaixaria melhor devido  boa quantidade de palha produzida no início da temporada; se o interesse for pelo trigo, semeado na 2^a quinzena de maio, a *C. juncea* se encaixaria melhor, pois   interessante usar uma leguminosa antes de um cultivo de gramíneas como o trigo.

Em rela o  semeadura realizada em fevereiro na entressafra de 2019, observa-se que a *U. brizantha* proporcionou os maiores acúmulos de massa seca aos 69 e 86 DAS, com média de 8.301 kg ha⁻¹ em rela o ao primeiro período com apenas 3.384 kg ha⁻¹ (54 DAS). Para *C. juncea*, a maior produtividade foi obtida aos 86 DAS em rela o aos 54 e 69 DAS, com acréscimo de matéria seca de 2.227 kg ha⁻¹ entre as duas últimas épocas de avalia o. Já o *P. glaucum*, atingiu o maior acúmulo de massa seca apenas no terceiro período de avalia o (86 DAS) (Tabela 6). Isso mostra que em uma semeadura tardia,   necessário maior número de dias para atingir a mesma quantidade de biomassa produzida em épocas de semeadura anteriores e, na maioria das vezes, não   alcançada devido às piores condi oes do clima. Essas espécies ao serem cultivadas no verão conseguem apresentar maior produ o de biomassa, resultante dos maiores períodos de maior radia o solar.

A produtividade de massa seca entre as espécies analisadas para semeadura em fevereiro na entressafra de 2019 evidenciou que o *P. glaucum* apresentou diferença para *U. brizantha* aos 54 DAS, porém,  *C. juncea* não apresentou diferença significativa para as demais espécies para este período de avalia o. Aos 69 DAS, o *P. glaucum* continua se destacando com a maior produtividade de matéria seca, seguida por *U. brizantha* e *C. juncea*, responsáveis pelo menor acúmulo neste segundo período. No terceiro período, aos 86 DAS, verifica-se um comportamento semelhante aos primeiros períodos (54 e 69 DAS) para *P.*

glaucum, que novamente apresentou superioridade sobre as demais espécies com acúmulo de matéria seca de 165 kg MS ha⁻¹ por dia. Já a *U. brizantha* e a *C. juncea* apresentaram valores semelhantes, produzindo 99 e 96 kg MS ha⁻¹ por dia, respectivamente (Tabela 6).

C. juncea e *U. brizantha* não diferiram em 2020 quando avaliadas aos 70 e 119 DAS (Tabela 6), tornando-se assim boas opções para períodos de entressafra superiores a 80 dias, onde podem expressar o máximo potencial produtivo quando semeadas em janeiro e fevereiro. Além disso, um consórcio entre essas duas espécies seria uma boa alternativa para reduzir os custos de estabelecimento das sementes de *C. juncea* e permitir uma melhor composição da biomassa para ocupação das áreas mesmo no inverno, quando não há previsão de cultivo de trigo, já que a *U. brizantha* é uma espécie perene.

Com relação às espécies de cobertura em cada época de avaliação quando semeadas em março, é possível verificar que as espécies não diferiram entre si na primeira época de avaliação nos dois anos de estudo (26 e 48 DAS respectivamente) (Tabela 6). O *P. glaucum* foi novamente superior às demais plantas de cobertura tanto na entressafra de 2019 quanto na de 2020, seguida pela *C. juncea* e *U. brizantha* aos 41 e 58 DAS na safra de 2019. Na entressafra de 2020, *C. juncea* e *U. brizantha* não diferiram aos 83 e 107 DAS (Tabela 6).

Nota-se que as plantas de cobertura semeadas em março em ambos os anos resultaram em menor produção de matéria seca em relação à semeadura em janeiro e fevereiro. Em termos de valores, a *C. juncea* apresentou uma produtividade de biomassa de 6.707 kg ha⁻¹ aos 70 DAS em 27 de janeiro em relação a 1.721 kg ha⁻¹ aos 83 DAS em 3 de março, explicada principalmente pelas condições climáticas. Assim, de 25 de maio a 18 de junho, a *C. juncea* aumentou 624 kg MS ha⁻¹, o que significa uma taxa acumulada de 27 kg MS ha⁻¹ dia⁻¹. Se compararmos com o seu crescimento em janeiro, é possível observar uma taxa acumulada de MS de 88 kg MS ha⁻¹ dia⁻¹. Esses valores podem auxiliar os agricultores na tomada de decisão de quando semear a cobertura vegetal e quando interromper seu crescimento para a próxima safra.

É importante destacar que o fotoperíodo, a temperatura e a radiação solar tenderam a diminuir, pois no outono e no inverno há uma maior quantidade de dias nublados e chuvosos quando comparados à primavera e ao verão, evidenciando que mesmo curtos períodos de atraso na semeadura, aliada às adversidades climáticas como ocorreu no ano de 2020, é suficiente para afetar drasticamente o potencial produtivo das espécies.

Pacheco *et al.* (2011) avaliando plantas de cobertura semeadas em março, relataram produtividade de massa seca de *U. brizantha* e *P. glaucum* de 2.100 e 3.619 kg ha⁻¹ respectivamente aos 60 DAS, sendo semelhante ao presente estudo, que apresentou 2.220 e

4.200 kg ha⁻¹ e 1.698 e 4.352 kg ha⁻¹ aos 58 e 83 DAS na entressafra de 2019 e 2020, respectivamente. Além disso, os autores apontam que os baixos valores de biomassa seca encontrados neste período estão correlacionados com a data de semeadura mais tardia da espécie de cobertura, devido à persistência de dias mais curtos. Além disso, deve-se notar que esta época de semeadura foi fortemente afetada pela falta de precipitação no início de seu desenvolvimento.

No geral, o *P. glaucum* foi a espécie com maior acúmulo de matéria seca independente das épocas de avaliação, épocas de semeadura e ano safra, tornando-se assim uma opção eficiente para adoção em curtos períodos de entressafra (60 a 85 DAS).

Por outro lado, é possível inferir que a *U. brizantha* necessita de um período de estabelecimento mais longo dentro da entressafra, pois possui desenvolvimento inicial mais lento em relação às culturas anuais, corroborando com as informações publicadas por Calegari, (2019). Ainda, percebe-se um maior efeito do atraso da semeadura sobre o potencial produtivo em relação às demais espécies. No entanto, esse comportamento não tem efeito negativo a ponto de inviabilizar seu estabelecimento em situações de semeadura como as do presente estudo, pois possui alta capacidade de acúmulo de matéria seca durante seu desenvolvimento e sua palha possui boa persistência ao longo do tempo, e ainda pode ser usado para pastagem. Pacheco *et al.* (2011) observaram que *U. brizantha* apresenta produtividade linear de matéria seca, contribuindo para que esta espécie supere o *P. glaucum* aos 180 e 200 DAS.

Mesmo com desenvolvimento inicial mais lento da *U. brizantha*, esta espécie apresentou aos 90 dias após a semeadura, um acúmulo de biomassa seca de 7.943 kg ha⁻¹ e aos 100 dias 8.577 kg ha⁻¹ quando semeada no verão e avaliada no outono. Esses dados corroboram os encontrados por Pacheco *et al.* (2008) ao avaliar esta espécie em Goiás (MG) que apresentou dados semelhantes aos 90 dias após a semeadura. Ainda assim, os mesmos dados são superiores aos encontrados por Adami *et al.* (2020), que estudou o comportamento de *U. brizantha* na entressafra e obteve 5.400 kg ha⁻¹ com praticamente a mesma idade de corte, sendo cultivada também no outono. Resultados como esses fortalecem o potencial de uso de *U. brizantha* como cobertura vegetal ou pastagem a curto e longo prazo, tornando-se uma cultura muito interessante para cobertura de solo e enriquecimento de sistemas de produção.

Em geral, a *U. brizantha* acumula maiores quantidades de biomassa da parte aérea (folhas), enquanto *P. glaucum* acumula-se no caule, podendo interferir de forma diferenciada na meia-vida da palha. Segundo Torres e Pereira (2008) e Pacheco *et al.* (2011), o tempo

residual da palha do milho é maior em relação à *Brachiaria* e *Crotalaria*. Em situação de campo, a vida útil da palhada da *Brachiaria* se apresentou interessante nos tratamentos que receberam trigo na entressafra, com uma cobertura do solo visivelmente eficiente.

A *C. juncea*, não apresentou o mesmo rendimento de matéria seca que as outras espécies quando a semeadura foi atrasada, pois se trata de uma espécie leguminosa de desenvolvimento inicial rápido, mas que apresenta a característica de floração precoce, fruto da sua sensibilidade ao fotoperíodo e ao encurtamento dos dias, o que se traduz numa redução do rendimento quando semeada no final do verão (LEAL *et al.*, 2012), o que fica evidente neste estudo, onde a *C. juncea*, quando avaliada no outono, apresentou a menor biomassa de matéria seca, justificada também pelo fato de a espécie possuir pouca área foliar em relação a outras espécies estudadas para cobertura do solo.

Timossi *et al.* (2014) sugerem que quando a *C. juncea* é semeada em março e abril, o ciclo é encurtado, o que também explica a baixa produção de biomassa. No entanto, sua importância como planta fixadora biológica de nitrogênio a mantém como uma espécie com potencial de aproveitamento, principalmente, quando semeada no início do ano. Assim, não diferiu da contribuição de matéria seca fornecida por *U. brizantha*, ambas tendo reduzido sua capacidade de acúmulo de biomassa seca com a semeadura tardia, conforme relatado por Teodoro *et al.* (2011).

Mesmo não tendo sido consideradas para fins de comparação entre as épocas de semeadura, pode-se observar que as plantas de cobertura semeadas em março apresentaram menor crescimento, acúmulo de matéria verde e seca durante as épocas de avaliação (Tabelas 5, 2), resultado justificado pela redução do fotoperíodo e da temperatura nesta época de semeadura.

Além disso, a semeadura em março resulta em redução da produção de biomassa para todas as espécies avaliadas (Tabela 6). Oliveira *et al.* (2017), ao estudar o comportamento de *U. brizantha*, *C. juncea* e *P. glaucum* aos 45 DAS, semeados em abril, obtiveram acúmulo de biomassa seca de 500, 1.400 e 1.600 kg ha⁻¹ respectivamente, resultados semelhantes aos os registrados no presente trabalho para as semeaduras de março aos 41 e 48 DAS na entressafra de 2019 e 2020 respectivamente, com maiores produtividades de *P. glaucum* para *C. juncea* e *U. brizantha*, relatando redução na produtividade conforme a época de semeadura está atrasado.

A resposta que as plantas de cobertura dão à adaptabilidade/comportamento frente ao fotoperíodo, temperatura e adversidades às chuvas, é muito significativa, e a partir delas é

possível definir as melhores espécies para cada realidade do país, agregando produtividade, valor, e sustentabilidade nos mais diversos sistemas de produção agrícola.

Por fim, pode-se concluir com essa parte do estudo que o *P. glaucum* apresentou a taxa de acúmulo de matéria seca mais rápida e atingiu seu pico de matéria seca mais cedo após a semeadura, sendo uma espécie ideal para cobertura do solo em curtas entressafras, quando a semeadura é posicionada no verão e no outono. Ainda, a matéria seca total é reduzida à medida que o período de semeadura vai de fevereiro a março para todas as espécies estudadas. De modo geral, a *U. brizantha* e *C. juncea* são mais viáveis para períodos de entressafra superiores a 90 dias.

4.1.2 Efeito da Cultura Antecessora sobre a Produção de Biomassa de Plantas de Cobertura

As plantas de cobertura de verão apresentam grandes efeitos positivos sobre a safra de grãos, porém não é comum encontrar estudos que abordem o contrário, analisando quais efeitos essas culturas de primeira safra verão entregam para o sistema que adota as plantas de cobertura na safrinha e entressafra de inverno, ainda com épocas diferentes de manejo, abrangendo diferentes situações de campo. Para tanto, foi avaliado o desenvolvimento e acúmulo de biomassa de diferentes espécies de plantas de cobertura (*Urochloa brizantha* cultivar Xaraés, *C. juncea juncea* cultivar IAC-KR-1, *Dolichos lablab* e *Pennisetum glaucum* cultivar ANm 38) ao longo dos seus ciclos (avaliações em 28/02; 28/03,12/04 e 29/04/2019 e 09/03; 06/04 e 25/05/2020) e a produtividade de biomassa total (safra-safrinha-entressafra de inverno) em função da cultura antecessora (soja e milho).

Desta forma, avaliando o comportamento de plantas de cobertura de verão em relação à produção de biomassa seca, em função da cultura antecessora (soja x milho) e período de manejo, constatou-se interação entre os fatores (cultura antecessora x período de manejo x espécie de cobertura) para a variável massa seca em ambos os anos estudados (Tabela 7).

No primeiro ano de estudo, as condições climáticas para a safrinha foram favoráveis, não tendo grandes épocas de estiagem no verão, o contrário do segundo ano, quando em 2020 houve uma forte estiagem em março e abril, o que unido as temperaturas mais elevadas, afetam o desenvolvimento de algumas culturas mais responsivas a essas condições, porém, mesmo assim, as plantas de cobertura, por terem sido semeadas em janeiro e fevereiro, conseguiram se desenvolver sem grandes prejuízos, exceto o *D. lablab* que possui mais sensibilidade a restrição hídrica, limitando seu potencial de desenvolvimento (NAEEM,

2023).

Em relação ao comportamento das espécies em função das idades de manejo, tanto no primeiro como no segundo ano agrícola, as plantas de cobertura tiveram as menores produções de biomassa seca no primeiro período de avaliação, em relação a manejos mais tardios como em março e abril, tanto sobre soja ou sobre milho, o que já era esperado, dado o menor tempo de campo (26 e 42 DAS), aliado a menor taxa de crescimento inicial e logo acúmulo de biomassa (Tabela 7).

Para o primeiro ano de estudo, períodos de corte em 12 e 29 de abril (69 e 86 DAS), proporcionaram acúmulo de massa seca semelhante tanto para a *U. brizantha* quanto para o *D. lablab*, após soja, onde não diferiram entre esses períodos, comportamento semelhante foi encontrado para a *C. juncea* em sucessão ao milho. Já o terceiro período de corte, aos 69 DAS propiciou ao *P. glaucum* sobre soja e milho e a *U. brizantha* e *D. lablab* sobre milho as maiores produções em relação aos demais períodos (Tabela 7). Corroborando com Pacheco et al, 2011, os quais encontraram aos 60 e 75 DAS produções de biomassa seca de milheto de 6.025 kg ha⁻¹ e 8.495 kg ha⁻¹, respectivamente.

No segundo ano, o período de avaliação que apresenta a maior produtividade para todas as culturas é o terceiro, quando as plantas de cobertura são manejadas em 25 de maio aos 111 DAS (Tabela 7), mostrando a tendência que essas espécies de cobertura, assim como no primeiro ano, tendem a produzir mais biomassa quando a entressafra é maior, principalmente em relação a *U. brizantha*, que em entressafra maiores apresenta melhor desempenho em função do crescimento inicial mais lento (CALEGARI, 2019). Assim como aos 111 DAS o *P. glaucum* já saiu da floração, enquanto as demais espécies estão em floração, acelerada pelo fotoperíodo. Segundo Filho, 2016 o florescimento do *P. glaucum* é em torno dos 50 dias após a emergência, já o *D. lablab* e a *C. juncea* de acordo com Queiroz et al., 2010 chegam a floração aos 120 a 150 DAS, podendo esse processo ser acelerado com o fotoperíodo de outono.

Pacheco et al. (2011), encontraram produção de massa seca da braquiária de 2.100 kg ha⁻¹ e 5.577 kg ha⁻¹ aos 60 e 75 DAS, respectivamente, valores semelhantes, porem inferiores aos encontrados no presente estudo para manejos em épocas semelhantes, porem, isso evidencia que a espécie necessita de maior tempo de campo para apresentar seu máximo potencial produtivo (CALEGARI, 2019), sendo interessante para usos em consórcios com leguminosa, podendo ficar da entressafra de verão até a de inverno, devido a persistência a campo da palhada em combinação a leguminosa. o potencial de crescimento da espécie em períodos mais longos de desenvolvimento.

Tabela 7. Produção de massa seca das espécies de cobertura em cada período de avaliação em função da cultura antecessora. Pato Branco, PR, UTFPR, 2023.

		Massa Seca (kg ha ⁻¹)			
Cultura antecessora	Período de avaliação	Safra 2019			
		Plantas de cobertura			
		<i>U. brizantha</i>	<i>C. juncea</i>	<i>D. lablab</i>	<i>P. glaucum</i>
Soja	28/fev	707.58 Ca ^{ns1}	496.97 Da ^{ns}	648.48 Ca ^{ns}	1086.36 Da ^{ns}
	28/mar	3384.04 Bb ^{ns}	4533.55 Ca ^{ns}	2684.28 Bb ^{ns}	5517.05 Ca*
	12/abr	8024.51 Ab ^{ns}	5990.51 Bc*	4635.67 Ad ^{ns}	9914.80 Ba*
	29/abr	8577.52 Ab ^{ns}	8217.37 Ab ^{ns}	5418.39 Ac ^{ns}	14154.56 Aa*
Milho	28/fev	393.94 Da	284.85 Ca	553.03 Da	931.82 Da
	28/mar	3702.82 Ccb	4165.86 Bb	2905.61 Cc	6681.04 Ca
	12/abr	7444.62 Ba	7444.46 Aa	3937.43 Bb	8289.77 Ba
	29/abr	9025.42 Ab	8400.31 Ab	5023.31 Ac	10895.37 Aa
CV (%) ²		9,31			
		Safra 2020			
Cultura antecessora	Período de avaliação	Plantas de cobertura			
		<i>U. brizantha</i>	<i>C. juncea</i>	<i>D. lablab</i>	<i>P. glaucum</i>
Soja	09/mar	1512.56 Cc*	3741,21Cb*	3846,91 Cb*	6630,19 Ca*
	06/abr	8913.24 Bb*	6882,64 Bc*	6989,00Bc*	12775.00 Ba*
	25/mai	12507.30Ab*	8479,40 Ac*	8547,27Ac*	14406,61 Aa*
Milho	09/mar	2187.08 Cc	2932,83 Cb	2211,92 Cc	5274,94 Ca
	06/abr	6842,72 Bb	5019,44Bc	4882,80 Bc	9918,65 Ba
	25/mai	11960,24 Ab	6854,08 Ac	6124,45 Ad	12920,75 Aa
CV (%)		1,70			

¹Médias seguidas por mesma letra maiúscula, na coluna, comparando períodos dentro de cada cultura antecessora e planta de cobertura não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); Médias seguidas por mesma letra minúscula, na linha, comparando plantas de cobertura dentro de cada cultura antecessora e período de avaliação não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); Médias seguidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, comparando cultura antecessora dentro de cada período e planta de cobertura, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).²CV=coeficiente de variação.

Fonte: A Autora (2023).

Em relação à produção de biomassa das culturas de cobertura dentro do primeiro período de manejo, observa-se que não houve diferença na produção de massa seca entre as mesmas, tanto sobre soja como milho no primeiro ano, justificado pela menor permanência no campo. No entanto, no segundo ano a *U. brizantha* após soja foi a menos produtiva e após milho não diferiu da *C. juncea* nesta idade de corte, isso possivelmente é resultado da baixa taxa de crescimento inicial da *U. brizantha* em comparação as demais culturas como *P. glaucum* (Tabela 7).

No segundo período de manejo em 2019 a produção da crotalária e do milheto não

diferiram entre si, sendo superiores as demais espécies para esse período em específico, mostrando que mesmo o manejo sempre sendo mais produtivo ao longo do seu crescimento, quando cultivados em sucessão a soja e manejados no final de março aos 54 DAS, em situações de janelas curtas de entressafra, entregam a mesma quantidade de palhada ao solo. Já em sucessão ao milho, no mesmo ano o *P. glaucum* se sobressai a *C. juncea*, corroborando com Soratto et al., 2012, os quais encontraram resultados de fitomassa e acúmulo de N, P, K, Mg, S, C e Si superiores no cultivo de *P. glaucum* em relação a *C. juncea*, a qual acumula maiores quantidades de Ca. Ainda, as produções entre *P. glaucum* e *U. brizantha*, não diferem quando avaliados aos 69 DAS no pós – milho (Tabela 7), apontando uma resposta positiva de gramínea sobre gramínea inicialmente, devido a rápida liberação de nutrientes inicialmente, porem, esse comportamento não se mantem ao longo do ciclo.

Considerando o curto período de permanência do milheto a campo, na primeira e segunda idade de manejo, tanto em 2019 quanto em 2020, foi possível obter produções de 5,5 e 6 t MS ha⁻¹ respectivamente, valores considerados elevados e que estão de acordo com os encontrados por Algeri et al. (2018), os quais obtiveram produções de biomassa de milheto na sucessão ao cultivo de soja de 6,0 t MS ha⁻¹ aos 46 dias após a semeadura, fortalecendo a precocidade dessa espécie de cobertura.

Já para o ano agrícola de 2020, no segundo período de avaliação a produção da *C. juncea* não diferiu da produção do *D. Lablab*, tanto em sucessão a soja como sobre o milho, apresentando comportamento semelhante quando manejados aos 70 DAS, com taxas maiores de massa seca no arranjo em sucessão a soja, considerando o ciclo semelhante destas culturas e a produtividade de aproximadamente 7 t ha⁻¹ pós soja e 5 t ha⁻¹ pós milho, torna essas espécies recomendáveis para entressafras curtas, podendo maneja-las mais cedo sem gerar grandes perdas produtivas de biomassa (Tabela 7). Corroborando com as produtividades encontradas por Garcia e Staut (2018) para *C. juncea*, onde em solo semelhante ao do presente trabalho, encontraram 8,8 t MS ha⁻¹, e segundo Fornentini (2008) a cultura do *D. lablab* possui produtividade média de 3 a 6 t ha⁻¹, o que ressalta o potencial de adoção dessas espécies.

Para a terceira idade de manejo, ainda no primeiro ano de estudo, a *U. brizantha* apresentou bom desempenho produtivo, sendo junto ao *P. glaucum* ambos sobre a soja, e a *C. juncea* sobre milho os arranjos mais produtivos em relação ao *D. lablab*, porém, nesta mesma época sobre milho não houve diferença na produção entre a *U. brizantha* e a *C. juncea*. Já no quarto período, a *U. brizantha* e a *C. juncea* não diferiram entre si tanto em sucessão a soja como no milho, sendo ambos os arranjos superiores ao *D. lablab* e inferiores ao milheto

(Tabela 1). Algeri *et al.* (2018) encontraram em seus estudos produções de até 10 t MS ha⁻¹ de biomassa de milheto em cultivo pós soja aos 168 DAS, valores inferiores aos encontrados no presente estudo, onde no último período de manejo aos 86 e 119 DAS foi acumulado cerca de 14 t MS ha⁻¹ com 49 dias de campo a menos, apontando a capacidade produtiva do sistema.

É possível observar no segundo ano, como a braquiária tem um maior acúmulo de biomassa, onde do primeiro para o segundo período de manejo, apresenta ganho diário muito eficiente, com taxas de produção superiores quando adotada na sucessão ao soja primeira safra, o que se mantém para o terceiro período de avaliação em maio, ficando atrás apenas do milheto, o qual teve as melhores produções independente da época de avaliação e da cultura antecessora em relação as demais espécies, porem, entre as culturas antecessoras, é beneficiado no cultivo após a soja (Tabela 7).

A inferioridade de produção de massa seca das gramíneas no pós-milho em relação ao pós-soja, ocorre devido as reduções dos níveis de Nitrogênio no solo gerado pela alta relação C/N da palhada das gramíneas, que resulta na maior atividade microbiana na decomposição dos resíduos, gerando a redução dos teores de N da solução do solo, para a cultura em sucessão, afetando crescimento e produtividade das mesmas (THOMAS, 2018), Ainda, questões de plantabilidade em alguns casos, devido a grande biomassa do milho pode afetar a produtividade da cultura em sucessão.

Ainda, analisando o efeito da cultura antecessora, no caso da *U. brizantha*, no segundo ano, essa espécie apresentou melhor desempenho inicial quando cultivada após o milho, no entanto, já no segundo período sua produção se apresentou superior quando cultivado sobre soja, comportamento observado para as demais espécies de cobertura, como o *P. glaucum*, *C. juncea* e *D. lablab* (Tabela 7). Corroborando com Silva et al, 2018, o qual entre suas análises, observou menor produção de massa seca de milheto e *U. brizantha* sobre milho, sendo o milheto o mais prejudicado com esse arranjo em relação a *U. brizantha* no cultivo em sucessão ao milho da safra de primavera/verão.

O *D. lablab* em sucessão ao milho apresentou a menor produção de biomassa entre as espécies e períodos de corte, seguido pela crotalaria quando avaliada na segunda e terceira épocas de manejo (Tabela 7). Para Silva et al. 2018, o sistema de rotação que adota o arranjo de soja com crotalarias, são os mais produtivos, ressaltando que as duas leguminosas se complementam quando utilizadas em sucessão.

O *D. lablab* é uma espécie que não suporta períodos de seca, o que ocorreu no ano de 2019, aliado a temperaturas baixas, porem é uma excelente cultura para solos de baixa fertilidade, podendo ser utilizado em consórcio, para cobertura ou recuperação de áreas

degradadas, onde a sua produção de biomassa é otimizada. No caso desse estudo, a colheita ocorreu no final de abril e maio no primeiro e segundo ano, respectivamente, quando as temperaturas já estavam ficando mais baixas e isso aliado ao fator de estresse hídrico durante seu desenvolvimento, pode ter impactado no acúmulo de biomassa total, ainda, por ter maior biomassa aérea, acaba tendo uma decomposição mais acelerada (SEIFFERT; THIAGO, 1983; FORMENTINI, 2008).

De modo geral, considerando os dois anos de estudo, é possível observar que as combinações de espécies de safra, safrinha e épocas de manejo, no segundo ano apontaram mais claramente o efeito da cultura antecessora da safra sobre a segunda safra de verão/safrinha para todas as espécies estudadas, o que no primeiro ano ficou restrito apenas para os arranjos que adotaram milheto e crotalária na safrinha, mostrando que a tendência das combinações entre safra e safrinha com espécies de cobertura é mostrar seu potencial produtivo de palhada após o primeiro ano de implantação (Tabela 7).

Indo além da combinação de safra verão com safrinha, foi realizada uma avaliação incluindo a produção de biomassa da entressafra de inverno, onde são adotadas aveia /ou aveia + nabo na sucessão das plantas de cobertura de verão, gerando uma produção total de palhada para cada arranjo produtivo.

Para tanto, foram analisadas as melhores combinações de espécies de segunda safra de verão com espécies da entressafra de inverno, foi constatado interação entre os fatores (espécies de cobertura de verão x espécie de cobertura de inverno), para a variável produção total de massa seca nas entressafras 2019 e 2020 (Tabela 8).

Ressalta-se que as espécies de cobertura de inverno do ano de 2019, foram acometidas pela estiagem nos meses de junho, julho e agosto (menos de 50 mm mês). Já em 2020 como comentado foram as espécies de cobertura de verão que sentiram a estiagem no mês de março e abril (Figura 1).

Contudo, é possível observar no primeiro ano de estudo (2019) que o arranjo produtivo que adota a *U. brizantha* na segunda safra de verão e nabo na entressafra de inverno é superior a combinação da mesma cultura de verão, mas com aveia no inverno, tendo uma diferença de cerca de 2 kg ha⁻¹ a mais de produção de massa seca quando se utiliza o nabo. Ainda, estes dois arranjos não diferem do arranjo que posiciona a *C. juncea* na entressafra de verão (Tabela 8).

Já no segundo ano, ocorre uma inversão, onde o posicionamento da aveia no inverno em sucessão da *U. brizantha* e logo, da soja, se mostrou mais produtivo do que a adoção de nabo (Tabela 8). Este resultado pode ser justificado pela maior produção que a *U. brizantha*

apresentou na safra verão (Tabela 7) em sucessão a soja e somado a maior permanência no campo da aveia, ficando 16 dias a mais produzindo biomassa, ainda, a *U. brizantha* produziu durante o verão uma biomassa muito densa nos sistemas que iria nabo na sucessão, o que prejudicou sua plantabilidade em 2020, gerando uma diferença de 1.086 kg MS ha⁻¹, não desmotivando a adoção do nabo (Tabela 8).

Tabela 8. Produção total de massa seca de plantas de cobertura de verão+inverno em sucessão de soja e milho primeira safra. Pato Branco, PR, UTFPR, 2023.

Produção total de Massa Seca kg ha ⁻¹				
Safra 2019				
	<i>U. brizantha</i>	<i>C. juncea</i>	<i>D. lablab</i>	<i>P. glaucum</i>
<i>Avena strigosa</i>	13941,52 Bb*	14141,70 Ba	11248,96 Ca	18309,22 Ab
<i>R. sativus</i>	16035,91 Ba	15601,47 Ba	11413,81 Ca	19489,87 Aa
CV ² (%)			2,07	
Safra 2020				
	<i>U. brizantha</i>	<i>C. juncea</i>	<i>D. lablab</i>	<i>P. glaucum</i>
<i>Avena strigosa</i>	16588,73 Ba	15334,64 Ca	15337,94 Ca	18443,08 Ab
<i>R. sativus</i>	15505,21 Bb	13629,26 Cb	12195,11 Db	20615,44 Aa
CV (%)			2,06	

¹Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); ²CV= coeficiente de variação. *Produção de biomassa referente ao somatório da massa seca das espécies de verão+ as espécies da entressafra de inverno dentro de cada parcela, em sucessão de soja e milho.

Fonte: A Autora (2023)

Os arranjos com *U. brizantha* se mostraram promissores tanto com a aveia ou o nabo na sucessão, sendo superiores ou iguais aos arranjos com *C. juncea* e superiores aos que adotam o *D. lablab* no verão, mostrando o efeito que a biomassa da primeira safra e da safrinha propiciam ao sistema (Tabela 8). Essa produção total de biomassa dos arranjos que adotam a *U. brizantha* possivelmente é justificado pelo sistema radicular vigoroso e profundo, o qual proporciona um bom desenvolvimento para a cultura em sucessão, neste caso a aveia e nabo, oportunizando que as mesmas desenvolvam seus sistemas radiculares e tenham maior resistência a seca (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2017).

Combinações com a espécie *D. lablab* apresentaram as menores taxas de produção de biomassa total, em relação as que utilizam na safra verão *U. brizantha*, *C. juncea* e *P. glaucum* no primeiro ano, no segundo ano, não diferenciou do arranjo com a *C. juncea* na segunda safra. A maior produção de massa seca total, quando se utiliza o *D. lablab* é com aveia, porém, no primeiro ano, não diferiu quando somado a produção do nabo, pois a cultura da entressafra de inverno fornece maiores produtividades, compensando a baixa produção de biomassa do verão (Tabela 7 e 8).

O sistema com o milheto *P. glaucum* na safrinha se mostra superior a todas as outras espécies de cobertura de verão, independente se com aveia ou nabo na sucessão. Ainda, em ambos os anos a combinação de milheto +nabo foi superior em relação a adoção de aveia, onde mesmo o milheto produzindo mais biomassa sobre soja, o potencial do nabo em produzir em curto prazo, dado o fato também de serem famílias diferentes (Tabela 8). Nessa situação é possível visualizar a campo uma rotação com soja em um ano safra, milheto no verão, nabo no inverno e milho na próxima safra verão, onde as espécies irão se complementar e apresentar seu máximo potencial produtivo.

O milheto, além de acumular rapidamente biomassa, devido ao seu rápido crescimento, apresenta maior taxa de decomposição e, assim, liberação de nutrientes para o solo, sendo as maiores liberações diárias de 0 a 18 dias após seu manejo, porém ao longo do tempo, as relações C/N, C/P e C/S aumentam e ocorre redução da relação C/Si e da taxa de decomposição da matéria seca. Ainda, o nutriente que é disponibilizado mais rapidamente é o K (SORATO *et al.*, 2012).

De forma geral, o milheto é a cultura que, tanto associado com aveia ou nabo em sucessão, produziu biomassa elevada e acumulou elevadas quantidades de nutrientes (N, P, K, Mg, S, C e Si). Já os arranjos com crotalaria vão fornecer maior quantidade de Ca (SORATTO *et al.*, 2012).

Ressalta-se que as combinações de espécies de verão com aveia, são oriundas de um sistema de sucessão que adota soja na primeira safra de verão e o sistema que dispõe o nabo no inverno, vem de um arranjo de milho primeira safra, o que justifica as altas produtividades dos arranjos que continham nabo, uma vez que a genética do milho gera uma produção de massa seca elevada, onde em curto tempo pode se sobressair quando comparado a soja. De acordo com Ziech *et al.* (2015), para a região sudoeste do Paraná, sistemas que adotam gramíneas puras, ou ainda em consórcios, fornecem maior proteção do solo, com potencial de acúmulo de biomassa mais elevado.

No segundo ano, os arranjos com soja na primeira safra antecedendo as plantas de cobertura e aveia na entressafra inverno, apresentaram valores mais elevados que o ano anterior, que pode ser justificado pelos dias a mais a campo, ou ainda, pelo melhor desempenho que as plantas de cobertura de verão tiveram quando cultivadas em sua sucessão à uma leguminosa, mostrando que em longo prazo, a tendência é que a rotação entre espécies leguminosas e poáceas tenha um melhor desempenho, aproveitando melhor os nutrientes da cultura antecessora e disponibilizando para a próxima de interesse comercial (VENKATESH, 2017).

De acordo com Franchini *et al.* (2011), por conta das diferentes exigências nutricionais entre as espécies leguminosas ou gramíneas, a concentração de nutrientes fornecido ao solo após o cultivo é distinta e isso beneficia o desenvolvimento da cultura e da próxima em sucessão na rotação.

Ainda, um fator de destaque no acúmulo de biomassa, é a formada pelo nabo (Tabela 8), uma vez que por ser da família das Crucíferas, se torna mais uma espécie diferente na rotação, com característica de elevada precocidade cobrindo cerca de 70% da área com apenas 60 dias após a semeadura, isso aliado ao seu sistema radicular pivotante, onde a raiz principal pode chegar a cerca de 2m de profundidade no solo, se torna uma ótima opção para janelas de entressafras curtas, podendo ainda ser utilizado em consórcio com aveia ou ervilhaca (BARROS; JARDINI, 2021).

Tendo como base que o indicado de incremento de massa seca para a manutenção do Sistema Plantio Direto é de 8 a 12 ton ha⁻¹ ano⁻¹ (DENARDIN; FAGANELLO; LEMAINSKI, 2019), os resultados encontrados de biomassa total para os arranjos considerando a safra de verão, safrinha e entressafra de inverno, produzem teores semelhantes e até superior, tornando os sistemas sustentáveis e indicados para a região sul do Brasil.

De modo geral, um sistema produtivo deve sempre considerar todas as espécies e combinações produtivas, escolhendo as que melhor se enquadram ao objetivo da atividade agrícola. Neste sentido, diante dos resultados obtidos, ambos os sistemas têm particularidades, porém a produção de biomassa total é eficiente em todos os arranjos, sendo algumas espécies beneficiadas na sucessão à soja e outras ao milho, tendo uma balança produtiva, onde a baixa produtividade da safrinha pode ser suprimida pelo elevado acúmulo que a espécie correta de inverno pode fornecer.

Ressaltando que implantar espécies de cobertura é um investimento com desembolso imediato, contudo essa escolha pode assegurar colheitas mais produtivas e estáveis a médio e longo prazo, com sistemas sustentáveis em todas as interfaces (CONTE, 2020).

Ao finalizar as análises referente ao efeito da cultura antecessora sobre a produtividade de biomassa das plantas de cobertura, conclui-se que as espécies de cobertura a partir do primeiro ano de cultivo são influenciadas pela cultura antecessora, sendo mais produtivas sobre o arranjo com soja no verão. O *P. glaucum*, seguido da *U. brizantha* e *C. juncea* são as espécies mais produtivas para uso na entressafra de cultivos curtas e medias, tanto sobre soja como milho. O *D. lablab* apresentou a menor produção de biomassa em relação as espécies de cobertura quando cultivado na sucessão ao milho.

A biomassa total considerando combinações com a produção da entressafra de

inverno apontam superioridade quando utilizado soja ou milho na primeira safra de verão com *P. glaucum* na segunda safra e nabo no inverno.

A combinação de milho safra – leguminosa e gramíneas no verão e nabo no inverno são mais produtivas no primeiro ano de cultivo. Já no segundo ano, arranjos que possuem a soja como cultura antecessora e aveia preta no inverno são mais produtivos, com produções superiores as recomendadas para a manutenção do Sistema de plantio direto.

4.2 MODELOS DE PRODUÇÃO

4.2.1 VIABILIDADE TÉCNICA DOS MODELOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Após avaliar as plantas de cobertura em avaliações paralelas na safra 2018/2019 e 2019/2020, as produtividades de todas as espécies de cobertura solteira e em consórcio das três safras foram consideradas para a análise da viabilidade técnica e econômica dos modelos de produção propostos pelo estudo em questão.

Nesse sentido, em relação à viabilidade técnica, ressalta-se que as produtividades das culturas de grãos da safra 2018/2019 são iguais entre os sistemas, pelo fato, de ser o primeiro ano de implantação do experimento, portanto, ainda não estava ocorrendo interferência das subparcela e nem efeito das culturas antecessoras. De modo geral, para a safra 2018/2019 não ocorreu problemas edafoclimáticos (Figura 3), permitindo boas produtividades, com tetos muito superiores à média nacional, onde foi registrado produtividade média de 13.485 kg ha⁻¹ (milho); 6.027; 5480 kg ha⁻¹ (soja) e 1.912 kg ha⁻¹ (feijão) (Tabela 9).

Em relação à segunda safra de verão em 2019, foi observado produtividades de soja e milho em sucessão ao feijão (sistema 3- tratamento 13 e 14), quando semeada no dia 03/01/2019, de 972 e 360 kg ha⁻¹ superior a produtividade obtida para semeadura mais tardia em 01/02/2019 de soja pós-milho (sistema 1- Tratamento 1) e milho pós feijão (sistema 2- Tratamento 8) (Tabela 9). Essa diferença de produtividades é justificado pelo atraso na posição da época de semeadura, onde na safrinha as culturas ficam mais vulneráveis a redução de temperatura, radiação solar e fotoperíodo, fatores que afetam os processos fotossintéticos das plantas e sua produtividade reduzida (SANTOS *et al.*, 2018).

Ainda, segundo Oligini (2019), para cada dia de atraso na semeadura da 2ª safra verão (de janeiro, fevereiro a março), ocorre uma redução diária considerável do potencial produtivo das cultivares e híbridos de milho, onde, por exemplo, as semeaduras no mês de janeiro proporcional incremento de 28 a 56% em relação às de fevereiro e março.

Tabela 9 – Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) e biomassa seca aérea (kg ha⁻¹) das culturas na 1ª e 2ª safra e entressafra (2018/2019). UTFPR-Pato Branco, PR, 2023.

Sistemas	Tratamentos	Descrição	Produtividade 1º safra Kg ha ⁻¹	Produtividade 2º safra Kg ha ⁻¹	Entressafra* kg ha ⁻¹	Biomassa total kg ha ⁻¹
S1	1	Milho - soja - Aveia + Nabo	13.485	3.337	6.900	23.722e
	2	Milho - Feijão - Aveia + Nabo	13.485	2.093	7.317	22.895d
	3	Milho - Crotalaria - Aveia + Nabo	13.485	8.400	8.153	30.038b
	4	Milho - Lablab - Aveia + Nabo	13.485	5.023	7.024	25.532c
	5	Milho - Milheto - Aveia + Nabo	13.485	10.895	8.231	32.611a
	6	Milho - Urochloa - Aveia + Nabo	13.485	9.025	7.511	30.021b
	7	Soja - Feijão - Aveia	6.027	1.857	5.585	13.469h
S2	8	Soja - Milho - Aveia	6.027	5.400	2.080	13.507h
	9	Soja - Crotalaria - Aveia	6.027	8.217	5.924	20.169f
	10	Soja - Lablab - Aveia	6.027	5.418	5.830	17.275g
	11	Soja - Milheto - Aveia	6.027	14.155	5.334	25.516c
	12	Soja - Urochloa - Aveia	6.027	8.578	5.363	19.968f
	13	Feijão - Soja - Aveia + Nabo	1.912	4.309	7.536	13.757h
	14	Feijão - Milho - Aveia + Nabo	1.912	5.760	5.574	13.246h
S3	15	Feijão - Crotalaria - Aveia + Nabo	1.912	8.800	7.152	17.864g
	16	Feijão - Lablab - Aveia + Nabo	1.912	10.310	7.129	19.351f
	17	Feijão - Milheto - Aveia + Nabo	1.912	14.611	6.989	23.512d
	18	Feijão - Urochloa - Aveia + Nabo	1.912	11.677	6.197	19.785f
S4	19	Soja - Crotalaria - Trigo	5.480	2.555	3.060	11.095j
	20	Soja - Urochloa - Trigo	5.480	2.220	3.999	11.699j
	21	Soja - M + C - Trigo	5.480	4.620	3.227	13.327h
	22	Soja - Milheto - Trigo	5.480	4.200	3.366	13.046i
	23	Soja - Lablab - Trigo	5.480	4.085	3.055	12.620i
	24	Soja - Pousio - Trigo	5.480	0	4.023	9.503j

²CV: 2,03

*Matéria seca de aveia + nabo nos sistemas 1 e 3, aveia solteira no sistema 2 e Trigo no sistema 4 (produção de grãos). ¹ Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. ²CV= coeficiente de variação.

Fonte: A Autora (2023).

Em relação à cultura antecessora, o cultivo de feijão pós-milho (2.093 kg ha^{-1}) (sistema 1- T2) obteve melhor desempenho produtivo em relação ao sistema que posiciona soja na primeira safra (1.857 kg ha^{-1}) (sistema 2) (Tabela 9), ressaltando que rotacionar espécies leguminosas e poáceas, otimiza o sistema, por possibilitar o maior aproveitamento de nutrientes e desenvolvimento radicular pela cultura sucessora, resultando na elevação da produtividade de grãos (VENKATESH, 2017). A diferente exigência nutricional de cada espécie sendo elas leguminosas e gramíneas permite a liberação progressiva e distinta de nutrientes no solo, beneficiando o crescimento vegetal em rotações, podendo esse processo ser melhorado com uso de consórcio de plantas de cobertura (FRANCHINI *et al.*, 2011).

No que se refere as espécies de cobertura, a produtividade de biomassa seca do milho, se destaca entre as demais, conferindo acúmulos de $14,6$ e $14,1 \text{ t MS ha}^{-1}$ em rotação com feijão e soja, respectivamente (Tabela 9). Considerando que a semeadura do milho na sucessão ao feijão, se deu em 02/01/2019 e após soja, em 02/02/2019, e que ambos foram avaliados no dia 29/04/2019, têm-se para o arranjo feijão-milho maior período de produção, e isso aliado as melhores condições climáticas de janeiro, quando comparadas a fevereiro, justificam a maior produção da combinação feijão-milho.

Em combinações com milho em sucessão ao milho, a produtividade de massa seca da espécie de cobertura apresenta uma redução, apontando acúmulo de biomassa seca de $10,8 \text{ t ha}^{-1}$, no entanto, quando se considera a produção total de biomassa do sistema, unindo primeira e segunda safra de verão e entressafra de inverno, se torna um dos sistemas mais promissores em curto prazo, com potencial de produtividade total de $32,6 \text{ t MS ha}^{-1} \text{ ano}$ (Tabela 9).

Em contrapartida, o sistema 4 entregou a menor produção de biomassa seca total no arranjo de milho em sucessão a soja, com apenas, $4,2 \text{ t ha}^{-1}$ em semeaduras de março e avaliados aos 58 dias após a semeadura. Porém, mesmo sendo a menor produção a de $4,2 \text{ t ha}^{-1}$, este valor ainda é superior aos encontrados por Vuicik *et al.* (2018), os quais em solos semelhantes obtiveram produções de milho de $3.667 \text{ kg MS ha}^{-1}$. Por outro lado, Algeri *et al.* (2018) avaliando essa espécie também em Latossolo, obteve produções semelhantes que variaram aos 46 e 168 DAS de $6,0$ a 10 t MS ha^{-1} após o cultivo de soja, respectivamente.

Outra espécie de destaque nos sistemas é a *U. brizantha*, a qual quando cultivada na sucessão do feijão, milho e soja, apresenta produtividade $11,6$; $9,0$ e $8,5 \text{ t MS ha}^{-1}$, apontando ter um eficiente potencial produtivo de matéria seca, sendo assim, uma boa espécie para o uso em sistemas de rotação de culturas com o intuito de formação de palhada (Tabela 9). Bettiol *et*

al. (2015), encontraram resultados semelhantes para essa espécie, relatando produções de 8,1 t MS ha⁻¹. Aliado a isso, no caso da brachiaria, a mesma possui um sistema radicular muito vigoroso e agressivo (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2017) e maior persistência da palhada, permitindo a melhoria no desenvolvimento da cultura em sucessão, que neste caso se rotaciona com nabo.

Em relação ao fornecimento de nitrogênio para culturas sucessoras, as leguminosas se tornam a estratégia mais eficaz como uso da tecnologia de processos, no entanto, é preciso aliar isso ao acúmulo eficiente de biomassa, visando a manutenção dos sistemas. Diante disso, a espécie *D. lablab* originou maior biomassa seca quando cultivado em sucessão ao feijão, totalizando 10,3 t MS ha⁻¹, reduzindo em 47 e 52 % essa produção quando cultivado em sucessão a soja e milho, respectivamente (Tabela 9). Neste caso, essa redução pode ser justificada principalmente pelo estabelecimento da data de semeadura e da avaliação de biomassa final, onde no arranjo com feijão safra a semeadura ocorreu no início de mês de janeiro, enquanto que no pós-milho e pós-soja, em fevereiro e março, com avaliações de massa seca cerca de um mês depois das avaliações das parcelas com milheto na sucessão ao feijão.

Importante destacar que no pós-feijão 1^a safra, a viabilidade técnica/econômica do cultivo de *commodities* é elevada, devido ao ciclo curto do feijoeiro. Por outro lado, essa antecipação de semeadura também é benéfica às plantas de cobertura, uma vez que estas também expressam sua maior capacidade produtiva. O retorno econômico, porém, nem sempre aparece em curto prazo, ou é nitidamente observado. Outras vantagens ecossistêmicas como redução da erosão, aumento da capacidade de infiltração e retenção de água do solo, melhoria na macroporosidade do solo e sua estrutura, redução do uso de insumos (especialmente herbicidas) e a pressão de seleção imposta, também são de difíceis mensuração e impacto em curto prazo, mas com certeza, estão presentes e impactam diretamente a viabilidade do sistema após alguns anos de manejo.

A *C. Juncea*, também leguminosa, com elevado potencial produtivo, apresentou uma estabilidade na produção de biomassa entre os sistemas, com uma média de cerca de 8 t MS ha⁻¹, exceto para os arranjos com soja na primeira safra de verão, onde produziu apenas 2,2 t MS ha⁻¹(sistema 4), esse resultado, é efeito dos fatores citados anteriormente para a cultura do Lab Lab (Tabela 9). Garcia e Staut (2018) estudando o desempenho produtivo da *C. juncea* obtiveram produções de 8,8 t MS ha⁻¹, valor muito semelhante a obtido no presente trabalho, enfatizando, a importância de adotar essa espécie no sistema de rotação.

O sistema 4 no ano de 2019, apresentou os menores valores de biomassa das plantas de cobertura (tratamentos 19 aos 24) em relação aos demais sistemas (Tabela 9), valor este devido a semeadura das espécies terem ocorrido em março e avaliadas aos 58 DAS, enquanto que nos demais tratamentos a semeadura foi em janeiro e fevereiro, com avaliação final aos 86 e 117 DAS, podendo estas, apresentar maior desenvolvimento/crescimento no campo. Validando assim, os dados de produção de grãos do presente estudo, os quais tendem a reduzir produtividade conforme se atrasa a semeadura na safrinha.

Na entressafra de inverno, o melhor desempenho produtivo foi encontrado para o consórcio de Aveia + Nabo em sucessão ao milho e crotalária (sistema 1- T5 e T3), produzindo cerca de $8,0 \text{ t MS ha}^{-1}$, em relação ao arranjo do sistema 3, ambos com mesma data de semeadura e idade de corte, porém o sistema 3 entregou produção de $7,0 \text{ t MS ha}^{-1}$. Tal diferença é justificada pelo comportamento dos sistemas de produção, os quais em curto prazo apresentam a sucessão com melhor desempenho por parte das espécies de entressafra, em relação as rotações. Diante disso, a maior média encontrada para o sistema de rotação (sistema 3) foi no tratamento 13, com 8% de superioridade em relação ao sistema 1 (tratamento 1). Porém, ressalta-se, que houve diferença de permanência no campo do arranjo após soja 2^o safra no sistema 1 e do sistema 3 no qual as plantas permaneceram por 21 dias a no campo, impactando na maior produção de biomassa (Tabela 9). Esses dados corroboram com Krenchinski *et al.* (2018), os quais ao estudar o consórcio de aveia+nabo no Paraná, durante três safras, encontraram produções semelhantes com $7,0 \text{ t MS ha}^{-1}$.

Ainda, na entressafra de inverno, o cultivo da aveia solteira, demonstrou maiores produções quando cultivada na sucessão de crotalária ($5,9 \text{ t MS ha}^{-1}$) e lablab ($5,8 \text{ t MS ha}^{-1}$), e as menores médias sobre o cultivo de milho e brachiaria ($5,3 \text{ t MS ha}^{-1}$), fortalecendo, o indício de que a alternância de famílias diferentes (Fabácea e Poácea) possibilitam melhorias no desempenho das culturas sucessoras (Tabela 9).

O arranjo que apresentou a menor produção de biomassa seca de aveia foi a sucessão soja-milho 2^a safra (tratamento 8), com produtividade de $2,0 \text{ t MS ha}^{-1}$, o que é fundamentado pelo atraso da semeadura e avaliação na mesma data dos demais tratamentos do sistema. Ziech *et al.* (2015) obtiveram valores semelhantes para biomassa seca de aveia em sucessão ao milho, verificando de $3,0$ a $4,7 \text{ t MS ha}^{-1}$ nas entressafras de 2010 e 2011, respectivamente. No entanto, ressalta-se que mesmo os valores sendo próximos com os obtidos no presente estudo, a avaliação de biomassa da aveia foi realizada aos 43 DAS, já os autores avaliaram aos 93 e 112 DAS. Ainda, Cremonez (2018) aos 65 DAS obteve produções de massa seca de

aveia solteira de 4.335 kg MS ha⁻¹, média está divergente as encontradas no presente trabalho, mas semelhantes as obtidas por Ziech *et al.* (2015).

Em relação ao sistema que adota trigo, é possível verificar que o arranjo de trigo após o pousio, apontou maior produtividade (4.023 kg ha⁻¹) em comparação ao arranjo com plantas de cobertura, possivelmente esse efeito é devido a presença de densa camada de palhada gerada pelas espécies de verão, as quais beneficiam as interfaces do solo, mas também podem gerar problemas nos processos de germinação, emergência e desenvolvimento inicial da cultura sucessora (Tabela 9). Entretanto, as produtividades obtidas pela cultura foram superiores à média brasileira de produção, que para a safra de 2019 foi de 2.639 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020).

Para biomassa total, as maiores médias produtivas foram observadas no sistema de sucessão (sistema 1 – tratamento 5), com as combinações de milho no verão, milho no outono e consórcio de aveia + nabo no inverno. A expressividade produtiva do milho no verão/outono somado as persistências da palhada da cultura do milho verão e vigorosidade do consórcio de aveia + nabo no inverno proporcionaram a esse arranjo destaque entre os demais, somatizando 32,6 t MS ha⁻¹, seguido dos arranjos com brachiaria (S1T6) e crotalária (S1T3) (30,0 t MS ha⁻¹ ano), os quais não diferem entre si (Tabela 9).

O uso da sucessão de milho na safra com lab lab e aveia+nabo (S1T4) na sequência, não difere do uso da sucessão soja-milho-aveia (S2T11), assim como, o sistema milho-feijão-aveia+nabo (S1T2) não difere da rotação de feijão-milho-aveia+nabo (S3T17), ressaltando a importância das gramíneas dentro dos modelos de produção no que se refere a acúmulo de palhada, ocorrendo uma compensação de biomassa, permitindo o uso de leguminosa no sistema sem afetar a produção de massa seca (Tabela 9).

O milho por si só já é um eficiente produtor de palhada, devido as suas características genéticas, sendo superior a soja e feijão. Ao considerar à biomassa total dos arranjos que adotaram milho na segunda safra de verão (S2T8 e S3T14), não se evidenciam diferenças produtivas ao adotar o mesmo em sucessão ou rotação com soja e/ou feijão na safra, tendo uma diferença de apenas 0,261 kg MS ha⁻¹ mesmo tendo uma diferença de cultivo da entressafra de inverno de 30 dias entre os tratamentos.

Ainda, é possível observar que estes tratamentos com soja ou feijão safra e milho na safrinha com aveia+nabo ou aveia solteira, não diferem do uso da adoção da sucessão de soja-feijão – aveia (S2T7), ou da rotação feijão-soja-aveia+nabo (S3T13), e de soja-mix de cobertura e trigo no inverno (S4T21) (Tabela 9). Possivelmente isso ocorre porque, quando

disposto na safrinha o milho tende a reduzir sua produção de biomassa quando comparado a 1ª safra verão.

Modelos de produção de sucessão de culturas com soja na primeira safra e crotalária ou urochloa e aveia na sequência (S2T9 e S2T12), proporcionam produção de biomassa total semelhante aos modelos de rotação de feijão- lab lab ou urochloa com aveia+nabo no inverno (S3T13 e S3T18), em um ciclo de plantio, possivelmente justificado pela elevada decomposição da biomassa das leguminosas, principalmente do feijão, uma vez que, os tratamentos da rotação permaneceram mais dias a campo e forneceram praticamente o mesmo acúmulo de biomassa na referida safra (Tabela 9).

O pior arranjo em relação ao fornecimento de palhada aos modelos de produção, é o que adotou na segunda safra o pousio (S4 –T24), aportando média de massa seca de aproximadamente 9 t MS ha⁻¹ ano, não diferindo dos tratamentos de rotação de soja -urochloa ou crotalária e trigo (S4T20 e S4T19) (Tabela 9), efeito da menor produtividade das culturas de cobertura na segunda safra de verão. A diferença entre o tratamento que mais e menor aportou palha ao sistema foi de 23,6 t MS ha⁻¹.

Salienta-se que ao analisar a espécie a adotar na rotação, é importante lembrar que gramíneas, possuem uma relação entre produção de biomassa acima do solo e abaixo do mesmo, em forma de raiz, atingindo até três metros de profundidade. Ao avaliar 26 espécies de gramíneas, Redin *et al.*, (2018) encontraram que a matéria seca da raiz (MS) exibiu em média $14,9 \pm 5,7\%$ da biomassa total da parte aérea na floração, assim como, a relação MS da parte aérea, MS da raiz foi de 6,9 (2,8-15,0) para cada espécie avaliada. Ainda, segundo Balbinot Junior *et al.* (2017), o impacto que as raízes de *Urochloa* cultivada no outono/inverno causam sobre a produtividade da soja, é mais expressivo do que somente a sua palhada, e a combinação das mesmas otimizam o desenvolvimento agrônômico da soja.

No que se refere ao segundo ano de avaliação (2019/2020), de modo geral as produtividades da safra de verão diferiram entre os tratamentos em cada sistema, o oposto do primeiro ano de estudo (Tabela 10). Possivelmente esses resultados são originários da combinação dos efeitos da cultura antecessora com as diferentes condições climáticas entre os anos.

Para a 1ª safra verão em 2019/2020, a produção de milho variou de 10 a 14 t ha⁻¹ de grãos entre os arranjos (Tabela 10), com as maiores produções oriundas das combinações de feijão e aveia+nabo, totalizando 14.877 kg ha⁻¹. Comparando os dados entre os anos agrícolas, observa-se um aumento de 10% em relação a produtividade do mesmo arranjo no ano

anterior. Os arranjos com milheto e brachiaria, apresentaram produções semelhantes, com 14.631 e 14.515 kg ha⁻¹ respectivamente, apontando que as adoções dessas espécies de cobertura podem melhorar o crescimento e desempenho produtivo do milho. O efeito do sistema radicular dessas gramíneas, sobre o solo, proporciona esse melhor desempenho de gramínea sobre gramínea.

No que tange à cultura da soja em primeira safra, de modo geral, a produção obtida para a região do estudo é de 4.076 kg ha⁻¹ (SEAB, 2021), média inferior a obtida neste estudo, a qual varia entre os sistemas e arranjos produtivos (Tabela 10).

A adoção do *D. lablab* na segunda safra de 2019, com aveia e trigo no inverno, gerou efeitos positivos na soja em sucessão no segundo ano de cultivo, com produções de soja de 6.247 e 5.348 kg ha⁻¹ (sistema 2-T10 e sistema 4- T24). Na sucessão (sistema 2) a produtividade da soja apresentou pequeno acréscimo produtivo em relação a safra anterior, quanto que no sistema 3, esse mesmo arranjo apresentou redução de produção (Tabela 9 e 10). Com base nesse resultado, pode-se presumir que o arranjo de Lablab no verão/outono e aveia no inverno promove melhorias no desempenho da cultura, mesmo em condições adversas, como escassez hídrica.

Observando os efeitos dos sistemas em relação à produtividade de grãos na safra verão de 2019/2020, verificou-se que para as culturas de milho e soja, o melhor desempenho produtivo foi oriundo dos sistemas de sucessão (sistema 1 para o milho e sistema 2 para a soja) com médias produtivas entre os tratamentos de 13.872 e 5.418 kg ha⁻¹ respectivamente, sendo superior os sistemas de rotação (sistema 3 para o milho e sistema 4 para soja), os quais atingiram média de 12.200 kg ha⁻¹ de milho e 5.154 kg ha⁻¹ de soja entre os tratamentos, em relação aos sistemas de sucessão (Tabela 10).

De modo geral, a rotação de culturas, por ser um sistema mais complexo, tende a expressar seus reais benefícios a médio e longo prazo, indo além do viés produtividade, impactando na melhoria do solo, otimização do uso de insumos e logo, redução de custos e aumento da qualidade do produto e resiliência do sistema, devido as interações ecossistêmicas formadas (FONSECA *et al.*, 2007), que resultará em maior rendimento de grãos ao decorrer do tempo/safras.

Ainda, um fator a se considerar, é que para os sistemas de rotação e sucessão de culturas contendo soja, foram utilizados materiais diferentes, posicionados em épocas de semeadura diferentes, onde no sistema 2 foi utilizado a cultivar Pioneer 95R90IPRO e no sistema 4 a cultivar 95R51IPRO com semeadura realizada nos dias 13 de setembro e 11 de

outubro de 2019, respectivamente, sendo então para o sistema 4 (rotação), adotado uma cultivar de soja com 15 a 20 dias a menos de ciclo, o que a torna mais susceptível a adversidades climáticas.

Tabela 10 – Produtividade, biomassa das culturas na safra verão, outono/inverno, entressafra (inverno) e biomassa total (2019/2020). UTFPR, Pato Branco, 2023.

Sistemas	Tratamentos	Descrição	Produtividade 1ª Safra Kg ha ⁻¹	Produtividade 2ª safra Kg ha ⁻¹	Entressafra kg ha ⁻¹	Biomassa total kg ha ⁻¹
S1	1	Milho - Soja - Aveia + Nabo	13712	1531	7626	122869e
	2	Milho - Feijão - Aveia + Nabo	14877	1146	8526	24549d
	3	Milho - Crotalária - Aveia + Nabo	13437	6854	7668	27959c
	4	Milho - Lablab - Aveia + Nabo	12059	6124	6993	25176d
	5	Milho - Milheto - Aveia + Nabo	14631	12920	7967	35518a
	6	Milho - Urochloa - Aveia + Nabo	14515	11960	3673	30148b
S2	7	Soja - Feijão - Aveia	5574	962	8872	15408g
	8	Soja - Milho - Aveia	5240	5503	4091	14834g
	9	Soja - Crotalária - Aveia	5582	8479	6855	20916f
	10	Soja - Lablab - Aveia	6247	8547	6790	21584f
	11	Soja - Milheto - Aveia	5047	14406	4036	23489e
	12	Soja - Urochloa - Aveia	4817	12507	4081	21405f
S3	13	Milho - Soja - Aveia + Nabo	13033	2130	7902	23065e
	14	Milho - Feijão - Aveia + Nabo	10972	1325	8874	21171f
	15	Milho - Crotalária - Aveia + Nabo	12797	8373	7959	29129b
	16	Milho - Lablab - Aveia + Nabo	12069	7405	7775	27249c
	17	Milho - Milheto - Aveia + Nabo	11654	11868	7011	30533b
	18	Milho - Urochloa - Aveia + Nabo	12678	9721	5751	28150c
S4	19	Soja - Feijão - Aveia + Nabo	5033	1339	6210	12582h
	20	Soja - Milho - Aveia + Nabo	5502	6682	4403	16587g
	21	Soja - Urochloa - Aveia + Nabo	4880	3041	5056	12977h
	22	Soja - M + C + U* - Aveia + Nabo	5245	8816	7399	21460f
	23	Soja - Crotalária - Aveia + Nabo	4918	2346	5741	13005h
	24	Soja - Lablab - Aveia + Nabo	5348	4493	5313	15154g

²CV (%):4,89

*Massa seca do consórcio aveia + nabo nos sistemas 1, 3 e 4; aveia solteira no sistema 2. ¹ Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. ²CV= coeficiente de variação.

Fonte: A Autora (2023).

Confrontando os sistemas de rotação versus sucessão de culturas, no ano agrícola de 2020 (3 e 4 rotação; 1 e 2 sucessão), é possível observar que o milho na sucessão (S2T8) rendeu 5.503 kg ha⁻¹, já em rotação com histórico de plantio de trigo (S4T20), 6.682 kg ha⁻¹, apontando um inicial efeito da rotação sobre a produção desse cereal, uma vez que, o mesmo foi semeado aproximadamente um mês após a semeadura no sistema de sucessão (Tabela 10).

Comparando os dados de produtividade deste cereal em 2^a safra com o relatório emitido pela SEAB (2021) observa-se, que o sistema de sucessão apontou uma variação de apenas 3% em relação ao estimado para a região do estudo (5.725 kg ha⁻¹). Provavelmente, isso se justifica, pelo fato do arranjo soja-milho ser o mais adotado pelos produtores regionais. Já o sistema de rotação resultou em uma produtividade média de 15% a mais que a exposta pela SEAB, apontando a viabilidade técnica desse sistema.

Se tratando da 2^a safra de 2020, também foi registrado aumento de produção para o feijão, onde foram empregados os sistemas de rotação de culturas (sistema 4-T19) com produtividade de 1339 kg ha⁻¹, ressaltando a hipótese de que a adoção de arranjos produtivos com espécies de cobertura, geram efeitos a cultura sucessora a curto e médio prazo. A menor produtividade de feijão foi encontrada no sistema de sucessão soja safra, com uma produção de apenas 962 kg ha⁻¹ (S2T7).

Analisando a 2^a safra verão de 2019/20 e 2020/21, observa-se que em 2020/21 ocorreu uma redução no rendimento da soja (1531 kg ha⁻¹) e feijão (1146 kg ha⁻¹) cultivados pós-milho de 54% e 45% em relação a safra 2019/20. Para o feijão pós-soja (962 kg ha⁻¹) essa redução foi de 48%. Este resultado está relacionado às condições climáticas, as quais foram desfavoráveis no início do ano de 2020 (Figura 2), com períodos de restrição hídrica, o que gerou o atraso na semeadura da 2^a safra decorrente da anterior (CONAB, 2020). Em contrapartida, o milho por dispor de um ciclo mais longo que a cultura da soja e feijão, conseguiu apresentar maior potencial produtivo, otimizado pelo cultivo em sucessão a *Urochloa* no verão/outono e trigo no inverno, onde foi realizada a rotação de culturas.

As espécies de cobertura de segunda safra apresentaram maiores produtividades de biomassa seca no segundo ano agrícola, mesmo ocorrendo adversidades climáticas. Os arranjos destaque para o segundo ano, foram com a adoção de milheto e brachiaria, com produções de 14 e 12 t MS ha⁻¹ (Tratamentos 11 e 12), respectivamente (Tabela 10).

Com relação às espécies leguminosas adotadas, a produção de massa seca de Crotalária e Lablab oscilou entre os tratamentos e sistemas utilizados. Ainda, considerando possível efeito da cultura antecessora, as gramíneas quando cultivadas em sucessão ao milho verão (sistema 1 e 3), reduziram a produtividade de biomassa seca em relação ao cultivo pós

soja. Esse efeito negativo sobre o milho ocorre principalmente em função da redução dos níveis de nitrogênio no solo, resultado da alta relação C/N da palhada das gramíneas, ativando os microorganismos que utilizam o mesmo para decompor os resíduos, o que afeta a taxa de N na solução do solo, e logo a disponibilização a próxima cultura (THOMAS, 2018).

Já as leguminosas por outro lado, não influenciaram negativamente a produção de MS em sucessão à soja de verão, uma vez que, as plantas dessa família ao contrário das gramíneas, possuem algumas vantagens, como a Fixação Biológica de Nitrogênio em simbiose com bactérias de solo, que utilizam o N presente no ar e fornecem o nutriente para as plantas e, ainda, possuem sistema radicular pivotante o qual atinge camadas profundas do solo, podendo obter maiores concentrações de nutrientes e água descritas por (BORGES et al., 2018).

Na 2ª safra verão 2020, assim como em 2019, o sistema 4 proporcionou menores acúmulos de biomassa em comparação aos demais sistemas, isso novamente efeito da época de semeadura das plantas de cobertura, as quais foram semeadas no dia 3 de março, enquanto que nos sistemas 1, 2 e 3 a semeadura ocorreu no dia 27 de janeiro. Aliado a isso, essas plantas enfrentaram a estiagem, no seu crescimento inicial, provocando redução do potencial produtivo, e ainda ficaram menos dias crescendo no campo (Figura 3, Tabela 10).

Em relação a biomassa da entressafra de inverno, em 2020, de modo geral, as plantas permaneceram mais dias no campo, em comparação com o ano anterior (2019), com exceção dos tratamentos 3 ao 6, o que aliado às boas condições pluviométricas no inverno (Figura 2) promoveram na maioria dos tratamentos maior produção de MS das plantas de cobertura (Aveia e Aveia + Nabo). Porém, foram também observadas médias de biomassa inferiores nos arranjos 10, 11 e 17 em relação ao ano de 2019. De modo geral, os modelos de produção que receberam brachiaria e milho na 2ª safra verão em 2020, apresentaram os menores rendimentos de massa seca para a entressafra de inverno, tanto de aveia solteira (4,0 t MS ha⁻¹) como aveia+nabo (3,6; 4,4 e 5,0 t MS ha⁻¹), isso justificado por problemas com a plantabilidade e logo, estabelecimento inicial das culturas de entressafra, oriundas de espessa camada de palhada de brachiaria e pelo uso contínuo de gramíneas na mesma área (Tabela 10).

Por outro lado, as maiores médias produtivas de biomassa da entressafra de inverno se atingiu nos arranjos com feijão na segunda safra em todos os sistemas (aproximadamente 8,0 t MS ha⁻¹), exceto o sistema 4 onde o destaque foi para a produtividade sobre Mix de espécies de cobertura, gerando 7,3 t MS ha⁻¹ (S4T22), seguido pela produtividade de aveia+nabo pós feijão, com 6,2 t MS ha⁻¹ (S4T19). Após feijão, a entressafra foi estabelecida

em abril, ficando no campo mais tempo que os arranjos após soja, milho e plantas de cobertura, o que pode explicar a origem do maior acúmulo de massa seca na maioria dos modelos de produção. Em relação ao arranjo que adota o mix de plantas de cobertura, é possível inferir que ocorreu efeito da cultura antecessora sobre a entressafra de inverno (Aveia + Nabo), assim como a complementariedade entre as espécies, unindo gramíneas e leguminosas simultaneamente, uma vez, que esse arranjo ficou a campo apenas 61 DAS e conseguiu gerar mais de 7 t MS ha⁻¹.

Analisando os valores da biomassa de avia+nabo ainda na safra 2019/2020 entre os sistemas produtivos, observa-se que o sistema de rotação (S3) apresentou médias de produção superiores e/ou até próximas ao sistema de sucessão de culturas (S1), no entanto, tais diferenças estão correlacionadas ao período entre a semeadura e a colheita da biomassa de inverno, onde para o sistema de sucessão (S1) foi de 85 dias (após soja e plantas de cobertura) e 113 dias (após feijão), enquanto que no sistema de rotação (S3) as plantas foram avaliadas com 111 dias (após soja e plantas de cobertura) e 140 dias (após feijão).

Em relação ao acúmulo de biomassa total do segundo ano de cultivo (2019/2020), observa-se destaque novamente para os modelos de produção que adotam a cultura do milho na 1ª safra de verão, tendo a maior produção proporcionada pelo uso de milheto e aveia+nabo (S1T5) em sucessão ao milho, totalizando 35 t MS ha⁻¹, seguido do uso de *urochloa* (S1T6), e rotação de milho com milheto ou crotalária + aveia+nabo no inverno (S3T17 e S3T15) (Tabela 10), os quais não diferiram entre si, ou seja, com dois anos de cultivo e considerando que as espécies de inverno no sistema 3 de rotação ficaram 26 dias a mais no campo é possível inferir que a biomassa formada pelas combinações oriundas de crotalária, se tornaram tão competitivas quanto o uso de milheto ou *Urochloa* na sucessão com aveia+nabo no inverno.

Ainda considerando a eficiente participação da biomassa do milho no sistema de produção, é possível observar entre os tratamentos, que adotam a combinação de milho e *Urochloa* ou lablab com aveia+nabo em rotação (S3T16 e S3T18), não diferem no uso da sucessão de milho e lablab (S1T4), totalizando 27 e 28 t MS ha⁻¹ ao adotar qualquer uma dessas combinações (Tabela 10). Comportamento semelhante é encontrado para combinações de milho-feijão-aveia (S2T11) e rotação de milho-soja-aveia+nabo (S3T13), os quais não diferiram entre si e nem da sucessão de milho-feijão-aveia+nabo (S1T2), fornecendo aos modelos de produção 21 e 23 t MS ha⁻¹.

Este resultado pode estar apontando um possível efeito benéfico do uso de leguminosa rotacionando com gramíneas, uma vez que essas espécies ficaram praticamente o

mesmo tempo no campo, o que fica mais evidente, quando se considera as produções de biomassa total dos tratamentos da sucessão de milho-soja e milho-milheto-aveia+nabo, os quais não diferiram entre si, e obtêm a 4ª colocação em termos de formação de palhada. Ao confrontar ao ano anterior (2018/2019) as produções de biomassa com leguminosas foram inferiores que o uso de milho-milheto, no entanto, com dois anos de cultivo, já é possível observar interação entre as culturas, logicamente que o fator época de semeadura, condições climáticas, também devem ser levadas em consideração, necessitando de mais anos de pesquisa.

Entre os modelos de produção (S1, S2, S3 e S4), observa-se que no sistema 1 (sucessão) a média geral de produção entre os seis tratamentos foi 1.153,62 kg MS ha⁻¹ superior à média dos tratamentos do sistema 3 (rotação), enquanto que, para os sistemas 2 e 4 essa diferença apresentou um total de 4.311,92 kg MS ha⁻¹. Salienta-se que no caso do sistema 4, menores produtividades de massa seca total eram esperadas, resultado da semeadura da segunda safra de verão ter ocorrido no mês de março, e da menor permanência das culturas de cobertura no campo, o que também é evidenciado para os tratamentos com milho na 2ª safra (S2T8), onde a entressafra de inverno fica menos tempo no campo.

Ao avaliar o terceiro ano, safra 2020/2021 (Tabela 11) é possível observar que assim como na safra 2019/2020 as produtividades encontradas para as culturas da primeira safra de verão foram distintas entre os tratamentos de cada sistema, como já comentado anteriormente, isso provavelmente ocorreu devido a influência tanto das culturas que veem antecedendo estes cultivos, como das condições climáticas, diferentemente do primeiro ano.

De modo geral, a safra de 2020/21 apresentou uma redução na produção de grãos quando comparado à safra anterior, o que também foi evidenciado em todo o país, onde a produção nacional segundo o 12º levantamento da CONAB apresentou uma redução de 1,8% sobre a safra anterior (CONAB, 2021). Ainda, em relação ao cultivo de soja safra, evidencia-se que a safra 2020/2021 sofreu com a seca e atraso da semeadura.

Em relação à cultura do milho cultivado na primeira safra de verão no terceiro ano (2020/2021), observa-se uma produtividade de grãos de 10 a 13 t ha⁻¹ (Tabela 11), onde a maior produção se encontra no tratamento que vem da sucessão de crotalária e aveia + nabo (T3 e T23), tanto no sistema 1 quanto no sistema 4, com produtividade de 13.045 e 11.474 kg ha⁻¹ respectivamente. De modo geral, as produtividades de milho foram afetadas pelas condições climáticas, gerando produções de 16,4% menores que a safra anterior.

Produções semelhantes foram obtidas no cultivo do milho pós-lab lab (12.900 kg ha⁻¹) no sistema 1 e pós mix de crotalária+milheto+Uroclhoa no sistema 4 (S4T22) (11.417 kg

ha⁻¹). Estes resultados ressaltam o efeito positivo que as plantas de cobertura leguminosas solteiras ou em consórcio beneficiam o crescimento e desenvolvimento da cultura do milho, tanto em sucessão quanto em rotação de culturas.

Modelos de produção como os avaliados neste estudo, sempre devem ser analisados em longo prazo, uma vez que, os benefícios reais das culturas de cobertura nem sempre são evidenciados em uma ou duas safras, porém, como a safra 2020/2021 apontou, com três anos já é possível verificar o efeito das mesmas sobre a produção de milho, apontando que o cultivo de uma gramínea sobre uma leguminosa na maioria das situações é superior que o cultivo de gramínea sobre gramínea.

Já a cultura da soja 2020/2021 primeira safra, apresentou médias semelhantes as da safra anterior, mesmo ocorrendo adversidades climáticas durante seu cultivo. O tratamento que demonstrou a maior produtividade de grãos de soja na primeira safra de verão em 2020/2021 foi o modelo de produção que adota a rotação de culturas com crotalária e aveia+nabo, oriundos da rotação com milho na safra anterior (S3T15), apresentando 5.944 kg ha⁻¹, cerca de 1.178 kg ha⁻¹ a mais que no tratamento 11 (S2T11), oriundo da sucessão com milho e aveia.

Tabela 11 – Produtividade, biomassa das culturas na safra verão, outono/inverno, entressafra (inverno) e biomassa total (2020/2021). UTFPR, Pato Branco, PR, 2023.

Sistemas	Tratamentos	Descrição	Produtividade 1° Safra kg ha ⁻¹	Produtividade 2° Safra kg ha ⁻¹	Entressafra kg MS ha ⁻¹	Biomassa total kg MS ha ⁻¹
1	1	Milho - Soja - Aveia + Nabo	10315	1482	4268	¹ 16065f
	2	Milho - Feijão - Aveia + Nabo	10073	1530	4590	16194f
	3	Milho - Crotalária - Aveia + Nabo	13045	6637,44	5054	24736b
	4	Milho - Lablab - Aveia + Nabo	12900	8870,73	4954	26725a
	5	Milho - Milheto - Aveia + Nabo	10980	10171,38	5070	26221a
	6	Milho - Urochloa - Aveia + Nabo	10076	4189	3675	17940e
	7	Soja - Feijão - Aveia	5156	1125	5175	11457h
2	8	Soja - Milho - Aveia	4857	5921	1698	12476h
	9	Soja - Crotalária - Aveia	4766	4488	5454	14708g
	10	Soja - Lab lab - Aveia	4932	8466	5395	18793e
	11	Soja - Milheto - Aveia	5490	13750	5278	24518b
	12	Soja - Urochloa - Aveia	5142	4306	4241	13689g
	13	Soja - Milho - Aveia + Centeio	4879	6446	2449	13774g
	14	Soja - Feijão - Aveia + Centeio	5338	1217	4425	10980h
3	15	Soja - Crotalária - Aveia + Centeio	5944	6959	4520	17423e
	16	Soja - Lablab - Aveia + Centeio	5191	7655	4494	17340e
	17	Soja - Milheto - Aveia + Centeio	5696	10952	4645	21293d
	18	Soja - Urochloa - Aveia + Centeio	5080	4138	4076	13294g
4	19	Milho - Soja - Trigo	10981	1450	2926	15357f
	20	Milho - Feijão - Trigo	10040	1331	3201	14571g
	21	Milho - Urochloa - Trigo	11243	4065	2914	18222e
	22	Milho- M+C+U - Trigo	11417	8583	3358	23357c
	23	Milho - Crotalária - Trigo	11474	5366	3420	20260d
	24	Milho- Lablab - Trigo	11061	8448	3015	22524c

*Massa seca do consórcio aveia + nabo nos sistemas 1, 3 e 4; aveia solteira no sistema 2. ¹ Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. ²CV= coeficiente de variação.

Fonte: A Autora (2023).

Ainda, ao analisar no terceiro ano (2020/2021), as combinações mais aplicadas na região do estudo (soja na 1ª safra e milho na 2ª safra de verão), observa-se uma diferença de insignificante (22 kg ha^{-1}) entre o sistema de sucessão de culturas (S2T8) e o sistema de rotação (S3T13) de cultura (Tabela 11), demonstrando a grande resiliência do sistema produtivo, uma vez que a produtividade média foi elevada para os padrões da região do estudo (4868 kg ha^{-1}), mas bem abaixo da produtividade registrada pelo campeão do CESB, que foi de 7560 kg ha^{-1} .

Entre as plantas de cobertura que apresentaram no terceiro ano maior influência sobre a produtividade da cultura da soja e do milho, destacam-se a crotalária (S1T3, S3T15 e S4T23), exceto para o sistema 2, onde a maior produtividade de soja foi encontrado para cultivos em sucessão ao milheto (S2T11), a qual apresentou 443 kg ha^{-1} a mais que o mesmo tratamento na safra anterior (Tabela 11). Desta forma, pode-se dizer que o cultivo de crotalária e milheto no outono e aveia ou aveia+nabo no inverno favorecem o desenvolvimento da soja e do milho, mesmo em condições pluviométricas desfavoráveis.

Ao analisar os efeitos referentes à produtividade de grãos entre os sistemas de sucessão e rotação de culturas, na safra verão de 2020/2021, verificou-se, para as culturas de milho e soja, que nos modelos de sucessão (sistema 1 para o milho e sistema 2 para a soja) a média de produtividade dos tratamentos foi de 11.232 e 5.057 kg ha^{-1} , respectivamente, e para os modelos de rotação (sistema 4 para o milho e sistema 3 para soja), apresentaram produtividade média de $11.036 \text{ kg ha}^{-1}$ de milho e 5.449 kg ha^{-1} de soja. A cultura do milho demonstrou superioridade de apenas $1,95\%$ no sistema de sucessão em relação aos sistemas de rotação, já a cultura da soja apresentou seus melhores resultados produtivos quando cultivada nos modelos de rotação, com superioridade de 4% . Logicamente, é preciso considerar além do aumento direto na produtividade, a rentabilidade dos cultivos, a diversificação na renda e a redução do risco produtivo, que será abordado mais a frente.

O resultado do terceiro ano de estudo da produtividade de grãos da primeira safra de verão ressaltou o fato que a rotação de culturas tende a apresentar seus benefícios ao longo do tempo em médio e longo prazo (talvez 5 a 8 anos), e não somente em nível de produtividade, mas também na contenção de custos e na melhoria dos atributos de qualidade do solo (FONSECA *et al.*, 2007).

Em relação ao uso de soja e milho na segunda safra de verão, observa-se uma diferença de produtividade de 525 kg ha^{-1} para o milho e 32 kg ha^{-1} para a soja segunda safra em 2021, ao relacionar os dados produtivos dos modelos de produção dentro dos sistemas de sucessão (1 e 2) e rotação (3 e 4). Ao analisar individualmente a cultura do milho, tem-se que

no sistema de sucessão, o mesmo apresentou rendimento de 5.921 kg ha⁻¹ (S2T8), enquanto que no sistema de rotação obteve uma produtividade de 6.446 kg ha⁻¹ (S3T13). Como essa avaliação ocorreu aos três anos que o estudo está a campo, possivelmente essa diferença na produtividade do milho em função do sistema de produção, é reflexo dos manejos de cada sistema, onde a produtividade superior do milho é reflexo dos benefícios da rotação de culturas.

Relacionando os dados de produtividade de milho 2º safra com o relatório emitido pela SEAB (2022), verifica-se que a sucessão apresentou uma diferença de apenas 3% em relação ao estimado para a região (5.725 kg ha⁻¹). Isso se justifica, pois, o sistema soja/milho é o mais utilizado pelos produtores tanto no município do experimento, quanto nos municípios vizinhos. Já o sistema de rotação apresentou uma produtividade média de, aproximadamente, 15% superior à relatada pela SEAB, indicando assim ser agronomicamente viável.

Em relação à cultura do feijão segunda safra, verifica-se um aumento de produtividade em todos os tratamentos que adotaram essa cultura em relação à safra 2019/2020. Ainda, evidenciam-se as maiores produtividades no sistema de sucessão com milho (S1T2), seguido pelo sistema de rotação com milho (T4S20), apontando que o uso do feijão após o milho é tecnicamente superior que o uso de feijão pós-soja, tanto em modelos de produção que adotam rotação ou sucessão de culturas, com tendência de manter produtividade elevada quando disposto em rotação, uma vez que, a menor produtividade foi obtida no sistema que adota a sucessão de soja sempre na safra (S2).

A produtividade média de grãos das culturas apresentada ao longo dos três anos de avaliação está bem acima da média nacional, no entanto, ainda bem abaixo das produtividades potenciais das culturas, demonstrando a necessidade de melhorias no ambiente de produção.

Ao analisar a produção de massa seca (MS) das espécies de cobertura de verão 2021, verificam-se médias de produtividade inferiores que as obtidas no ano anterior, isso justificado pelas condições climáticas, com restrição hídrica em março e abril, o que levou essas espécies a terem menor tempo de crescimento e florescimento precoce em algumas espécies.

Os modelos de produção com plantas de cobertura, que obtiveram as maiores produtividades de MS no 3º ano, foram os que receberam Milheto, chegando a valores de 13 e 10 t MS ha⁻¹ (Tratamentos 11 e 17). Já em relação às espécies leguminosas, a crotalaria apresentou a maior produtividade de MS quando cultivada após o milho safra no sistema de rotação (S4T23), com 10 ton MS ha⁻¹, e a menor produtividade quando cultivada em sucessão à soja (S2T9) com 4,4 MS ha⁻¹. O Lablab apresenta uma produtividade bem eficiente em

todos os tratamentos, com a melhor produtividade quando utilizado na sucessão com milho (S1T4), com 8,8 ton ha⁻¹, mantendo no geral, comportamento semelhante à safra anterior (Tabela 10).

Ao correlacionar o efeito da cultura antecessora, observa-se de modo geral que quando ocorre o cultivo de gramíneas em sistemas de sucessão de culturas, ao semear as mesmas após o cultivo de milho verão (sistema 1), ocorreu uma redução na produção de biomassa em relação ao cultivo pós soja (sistema 2), isso possivelmente, como comentado anteriormente, resultante da redução do aporte de N fornecido pela cultura antecessora.

Para as leguminosas da 2ª safra 2020/2021, por outro lado, quando adotadas em sucessão à cultura do milho (sistema 1), apresentaram os maiores valores de MS, em relação ao cultivo na sucessão da soja (sistema 2). Ressalta-se que o tempo de permanência dessas culturas no campo foi de aproximadamente 79 dias em 2021, o que justifica as alterações entre as safras, assim como as diferentes condições climáticas (mês inteiro de abril de estiagem) e sensibilidade de cada cultura.

Em relação às culturas adotadas na entressafra de inverno 2021, as avaliações referentes à biomassa da entressafra ocorreram em um período de dias inferiores ao ano anterior, e isso aliado as condições climáticas desfavoráveis resultaram em produtividades de massa seca inferior. Ainda, a tomada de decisão da época de dessecação das plantas de cobertura considerou o melhor momento para o estabelecimento das culturas ditas *commodities*, evitando assim, em alguns momentos, sua máxima expressão produtiva.

Neste sentido, para a entressafra de 2021, a maior produtividade de massa seca ocorreu no modelo de produção T9 e T11, com 5,4 e 5,3 ton ha⁻¹ respectivamente, ou seja, a adoção de soja na safra com crotalária e lablab na segunda safra de verão, o que permitiu também que a aveia expressa-se a maior produtividade de MS no período de inverno,

Destaca-se que as espécies de plantas de cobertura ficaram 07 dias a mais em crescimento a campo em relação ao sistema 3 de rotação, oriundo da rotação feijão/milho/soja. Possivelmente esse resultado é efeito dos benefícios disponibilizados pelas leguminosas no sistema. A menor produção de massa seca da entressafra de inverno foi obtida pelo tratamento T8 e T13, com 1,6 e 2,4 ton ha⁻¹ de biomassa de aveia+centeio respectivamente, ambos os tratamentos são oriundos do cultivo de milho safrinha, portanto, permaneceram menos tempo em crescimento a campo.

No que tange a cultura do trigo, observa-se a maior produtividade no modelo de produção T23, com 3,4 ton ha⁻¹, modelo este que vem da rotação com mix de cobertura de inverno, apresentando um possível efeito sinérgico da utilização de diferentes culturas ao

mesmo tempo. Ainda, resultados semelhantes foram encontrados para produtividade de MS de trigo no T21 e T20.

Ainda, ao comparar o uso de trigo no inverno no sistema de rotação de culturas, em sucessão às plantas de cobertura de verão, tem-se uma média de 3.177 kg ha^{-1} , e quando se considera o cultivo de trigo em rotação com culturas comerciais (feijão e soja) de 3.063 kg ha^{-1} , ou seja, uma diferença positiva de produtividade que chegou a 494 kg ha^{-1} de diferença entre o sistema milho-soja-trigo para o sistema milho-mix-trigo, isso após três anos de manejo.

Assim como nos anos anteriores, a biomassa total foi superior nos modelos de produção que adotavam milho na safra verão, com superioridade para o tratamento de milho-lablab-aveia+nabo, e milho-milheto-aveia+nabo, com produção de $26,7$ e $26,2 \text{ t MS ha}^{-1}$ respectivamente (S1T4 e S1T5) não apresentando diferença aos três anos de cultivo, em adotar o milheto ou lablab na segunda safra de verão. Ainda, entre os modelos de produção de sucessão, os maiores acúmulos de biomassa seca foram proporcionados pela combinação de milho-crotalária-aveia+nabo (S1T3) e soja-milheto-aveia (S2T11), os quais não diferiram entre si aos três anos de cultivo, e ocuparam a segunda posição em fornecimento de palhada com 24 t MS ha^{-1} , apontando um possível efeito da cultura antecessora dentro do sistema produtivo. Ressalta-se também, que as culturas de inverno no sistema 2 tiveram mais tempo de permanência no campo.

Ao comparar a produção de biomassa total com uso de milho na safra no sistema de sucessão (sistema 1), tem-se uma superioridade média de $19,5\%$ em relação à média da rotação com trigo (sistema 4). Já ao correlacionar a produção de biomassa total com a cultura da soja tanto em sucessão quanto em rotação, observam-se valores semelhantes, com produção de $2,5\%$ a mais no sistema de sucessão.

Aos três anos de cultivo, o tratamento de sucessão de soja com milho (S2T8) e soja-feijão-aveia (S2T7), não diferiram entre si e nem do tratamento de rotação com soja-feijão-aveia, apontando comportamento semelhante ao do ano anterior (2019/2020), e o menor acúmulo de massa seca entre os demais arranjos produtivos.

Os uso de trigo no modelo de produção de rotação de culturas (S4), com uso de milho e mix de cobertura, assim como lablab (S4T24 e S4T22) nos cultivos anteriores, aumentaram o acúmulo de biomassa, a ponto de coloca-los em terceira posição entre os tratamentos mais produtivos, totalizando 22 e 23 t MS ha^{-1} (Tabela 11), seguido ainda pelo tratamento do sistema 4 com uso de milho-crotalária-trigo (S4T23), o qual não diferiu da rotação de soja-milheto-aveia+centeio (S3T17). Esse resultado ressalta a importância do uso

de trigo no sistema de produção, onde em rotação, conseguiu ser competitivo ao uso de milho.

Os tratamentos que adotam o modelo de produção com soja na rotação que vem de um histórico com feijão e milho na safra, ao utilizar na 2^a safra crotalária (S3T15) e lablab (S3T16) e aveia+centeio no inverno, não diferem da sucessão de soja-lablab e aveia (S2T10), ou uso de milho-*Urochloa* e trigo ou aveia+nabo, entregando ao sistema de 17 a 18 t MS ha⁻¹ e ficando em quinto lugar entre o ranking dos melhores fornecedores de palhada.

A diferença de produtividade de MS total entre os 24 arranjos produtivos considerando os melhores tratamentos em cada ano agrícola (T5 (2018/19); T5 (2019/2020); T3 (2020/2021) – total de 94 t MS ha⁻¹) versus os piores tratamentos (T24 (2018/19); T19 (2019/2020); T14 (2020/21) total de 33,1 t MS ha⁻¹) para essa variável foi de 61,3 t MS ha⁻¹. Isso demonstra a grande capacidade das gramíneas (milho e milho) em aportarem carbono ao solo em detrimento das leguminosas (soja e feijão) e ou mesmo, em função dos arranjos adotados.

Basicamente, os dados gerais dos modelos de produção, sugerem que o sistema de rotação (4) produziu quantidades de biomassa inferior ao sistema de sucessão de culturas (1), isso possivelmente explicado pelas diferenças de aporte de palha entre as espécies (milho x trigo), e pela época de semeadura e idade de corte das plantas de cobertura na entressafra de outono.

Em ambos os anos agrícolas, os sistemas de produção conseguiram entregar produção de biomassa total, apropriada e superior ao recomendado para manutenção do sistema do plantio direto, que se baseia na adição de 8 a 12 ton ha⁻¹ ano⁻¹ (DENARDIN; FAGANELLO; LEMAINSKI, 2019). Analisando que mesmo em situação de pousio na safrinha em um ano é possível recuperar essa área e gerar sobre a mesma, produtividades de 8 á 9 t MS ha⁻¹ ano. Isso resultado da excelência da produtividade de 1^o safra e entressafra, as quais apresentaram alto rendimento tanto de grãos, quanto de MS, tornando os sistemas sustentáveis e indicados para a região sul do Brasil.

4.2.2 VIABILIDADE ECONÔMICA DOS MODELOS DE PRODUÇÃO

4.2.2.1 Avaliação dos resultados econômicos dos tratamentos utilizados

Os resultados da tabela 12 representam o somatório das três safras estudadas (2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021), para garantir que todos os tratamentos possuíssem o mesmo período de análise. No entanto os dados por tratamento estão detalhados nos apêndices C, D, E, F, G e H. Verifica-se que todos os modelos/tratamentos foram positivos e são, portanto, economicamente viáveis.

Em relação ao indicador Lucro Operacional (LO), o maior valor somatório das três safras entre os modelos de produção foi de R\$ 29.601,60 ha⁻¹, verificado no tratamento S3T13 (rotação 1^a safra verão feijão-milho-soja e 2^a safra verão soja-soja-milho) que, aliado a um IL de 62,11%, apresentou-se como o modelo produtivo de melhor desempenho econômico entre todos os tratamentos, em relação à lucratividade por área (Tabela 12). Os preços altos de venda de soja e do milho aliados às produtividades eficientes em todas as safras, que mesmo com adversidades climáticas, conseguiram ter o maior retorno econômico, ou seja, modelo de produção que adotam rotação de culturas que vem de feijão, milho e soja na safra de verão e milho na segunda safra com aveia e nabo na entressafra, apresentam lucratividade por área superior aos três anos de cultivo. Além de ser um modelo de produção destaque economicamente, se considerar sua produção de biomassa e rotação de diferentes sistemas radiculares, se torna um sistema que auxilia na conservação do solo e da água, mantendo um equilíbrio entre as faces lucro e conservação.

No entanto, apesar do melhor desempenho econômico ter sido obtido no sistema de rotação de culturas (rotação 1^a safra verão feijão-milho-soja e 2^a safra verão soja-soja-milho), resultados econômicos próximos foram identificados no sistema de sucessão soja/milho (S2T8), o qual apresentou um LO de R\$27.945,40 ha⁻¹ com R\$1.656,20 ha⁻¹ abaixo do melhor tratamento (Tabela 12). Ainda, se referindo ao retorno econômico sobre os custos, o S2T8 apresenta um IL de 62,20%, ou seja, apenas 0,10% maior que o encontrado no S3T13 quando considerado os três anos, mostrando assim, como a rotação pode ser tão lucrativa quanto a sucessão ao longo do tempo, e ao considerar os benefícios da rotação, a mesma se torna mais interessante. Logicamente que o operacional e a exposição ao risco devem ser levados em consideração em ambos os casos, porém, mesmo a sucessão (S2T8) parecendo ser a melhor opção aos três anos, é um modelo de risco e tende a se tornar menos lucrativo com o passar dos anos, uma vez que os benefícios da rotação vão além do aumento da rentabilidade.

Dados semelhantes foram encontrados por Alves, 2021 ao analisar em duas safras a viabilidade econômica de diferentes arranjos produtivos, onde observou que a adoção do arranjo de milho na safra e feijão na segunda safra de verão, com consórcio de aveia+nabo, apresentam o melhor desempenho econômico quando utilizados no sistema de sucessão em relação à lucratividade por área com um lucro operacional total de R\$ 13.572,73 ha⁻¹, sendo R\$ 200,08 ha⁻¹ superior ao sistema de rotação, feijão-soja – milho-soja. No entanto, ao considerar o retorno econômico sobre os custos (IL), a mesma autora verificou que o uso da rotação de soja na primeira safra e milho na segunda safra, com plantas de cobertura no inverno, apresentaram o melhor IL, ou seja, foi a combinação no sistema a com maior lucratividade considerando produção de grãos.

Ao avaliar os 2 modelos de produção que resultaram nos indicadores com o maior (S3T13 e S2T8) e menor (S2T9 e S1T6) resultado econômico em relação ao retorno por área (LO), observa-se respectivamente para os tratamentos, uma diferença de R\$ 14.891,20 e 12.565,23 ha⁻¹ para o LO e 10,71 e 6,48% para o IL. De forma mais específica, entre se cultivar crotalária após soja na 2ª safra de verão (S2T9) ou milho (S2T8), a diferença média ao longo de três safras foi de R\$ 4.387,74 ha⁻¹ ano.

De modo geral, o fato principal desta diferença, é resultado da utilização de apenas plantas de cobertura no tratamento S2T9 na segunda safra de verão em sucessão à soja e aveia na entressafra, enquanto que no tratamento S2T8, realizou-se a utilização da sucessão de culturas produtoras de grãos comerciais tanto na 1º quanto na 2º safra nos três anos estudados.

Essas diferenças são pontuais entre os diferentes arranjos, aonde cultiva-se duas leguminosas na sequência, impedindo o principal ganho que é justamente a contribuição da fixação biológica de nitrogênio (FBN) da leguminosa para as gramíneas. Ademais, no tratamento S1T6, cultiva-se milho-milheto-aveia+nabo, o que tende a colapsar o sistema pela falta de nitrogênio com o passar do tempo. Ainda, estes arranjos não são nada comuns, no entanto, foram adotados como uma forma de entende-los no médio prazo e fazer contraste com outros arranjos, aonde tem-se rotação de espécies.

Se considerarmos apenas o IL, avaliando a capacidade do modelo de produção na entrega de lucros, evidencia-se que o T8 se mantém como o superior, já o menor IL foi apresentado pelo T23, modelo de rotação que adota plantas de cobertura na 2º safra de verão e trigo no inverno ou aveia+nabo.

Tabela 12– Indicadores econômicos de três anos safras (2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021). UTFPR-Pato Branco, PR, 2023.

Sistemas	Tratamentos	Descrição	COE R\$ ha ⁻¹	RB R\$ ha ⁻¹	MB %	LO R\$ ha ⁻¹	IL (%)
1	1	Milho - Soja - Aveia + Nabo	18947,62	40041,37	111,33%	21093,75	52,68%
	2	Milho - Feijão - Aveia + Nabo	20791,39	43980,72	111,53%	23189,33	52,73%
	3	Milho - Crotalaria - Aveia + Nabo	15408,81	32834,15	113,09%	17425,34	53,07%
	4	Milho - Lablab - Aveia + Nabo	15123,01	31786,01	110,18%	16663,00	52,42%
	5	Milho - Milheto - Aveia + Nabo	14405,13	31091,66	115,84%	16686,53	53,67%
	6	Milho - Urochloa - Aveia + Nabo	14543,97	29924,36	105,75%	15380,39	51,40%
2	7	Soja - Feijão - Aveia	16875,47	38137,71	125,99%	21262,24	55,75%
	8	Soja - Milho - Aveia	16980,84	44926,24	164,57%	27945,40	62,20%
	9	Soja - Crotalaria - Aveia	11746,65	26528,84	125,84%	14782,19	55,72%
	10	Soja - Lab lab - Aveia	11691,84	28680,76	145,31%	16988,92	59,23%
	11	Soja - Milheto - Aveia	11005,21	27701,26	151,71%	16696,05	60,27%
	12	Soja - Urochloa - Aveia	11152,09	27363,56	145,37%	16211,47	59,24%
3	13	Feijão/milho/Soja – Soja/Soja/Milho – Av+nabo/Aveia + Centeio	18061,52	47663,12	163,89%	29601,60	62,11%
	14	Feijão/Milho/Soja –Milho/Feijão/ Feijão –Av+Nabo/Aveia + Centeio	18202,48	40181,45	120,75%	21978,97	54,70%
	15	Feijão/Milho/Soja - Crotalaria - Av+Nabo/Aveia + Centeio	13323,47	31289,02	134,84%	17965,55	57,42%
	16	Feijão/Milho/Soja - Lablab - Av+Nabo/Aveia + Centeio	12928,27	28982,28	124,18%	16054,01	55,39%
	17	Feijão/Milho/Soja - Milheto - Av+Nabo/Aveia + Centeio	12345,51	30077,68	143,63%	17732,17	58,95%
	18	Feijão/Milho/Soja - Urochloa - Av+Nabo/Aveia + Centeio	12530,17	29000,40	131,44%	16470,23	56,79%
4	19	Soja/Soja/Milho – Crotalaria/Feijão/ Soja - Trigo	19326,86	41249,39	113,43%	21922,53	53,15%
	20	Soja/Soja/Milho – Urochloa/Milho/Feijão - Trigo	20206,40	43041,19	113,01%	22834,79	53,05%
	21	Soja/Soja/Milho - Urochloa - Trigo	16112,28	33747,92	109,45%	17635,63	52,26%
	22	Soja/Soja/Milho- M+C+U - Trigo	16328,81	35501,45	117,42%	19172,65	54,01%
	23	Soja/Soja/Milho - Crotalaria - Trigo	16675,68	34281,13	105,58%	17605,46	51,36%
	24	Soja/Soja/Milho- Lablab - Trigo	16438,05	35867,91	118,20%	19429,86	54,17%

*COE (Custo Operacional Efetivo) e MB (Margem Bruta): foi realizado a soma dos três anos safras. LO (Lucro Operacional) e IL (Índice de Lucratividade) foram calculados com base no COE.

Fonte: A Autora (2023).

Em relação ao uso da cultura do milho na primeira safra de verão, os indicadores econômicos apontaram que o modelo de sucessão com cultivo de milho sobre feijão e plantas de cobertura na entressafra de inverno (T2) foi o mais rentável entre os tratamentos, com o maior LO por hectare (R\$23.89,37 ha⁻¹). Em contrapartida, o modelo que adotou o milho na sucessão da *Urochloa* na segunda safra e aveia+nabo no inverno (T6), apresentou o menor LO (R\$15.380 ha⁻¹), seguido pelo uso de lablab e milheto (T4 e T5) (média de um LO de R\$16.674,76 ha⁻¹) em comparação ao T2.

Desta forma, o produtor ao optar pela adoção de *Urochloa* como planta de cobertura na segunda safra de verão no sistema de sucessão com milho, deixou de obter em um período de três safras, um LO de R\$7.808,95 ha⁻¹, e ao adotar lablab e milheto, deixou de obter em média um LO R\$ 6.514,57 ha⁻¹ ao longo de três safras agrícolas em relação ao uso de feijão 2^a safra de verão (Tabela 12). Se expandir essa simulação e considerar que esse mesmo produtor tenha uma área agrícola de 100 hectares, o mesmo deixaria de obter um retorno econômico de R\$ 780.894,62 ao longo de três anos safras ao escolher uma planta de cobertura em detrimento da cultura do feijão. Este valor monetário se torna extremamente impactante se considerar a área toda, e possivelmente é o que acaba desmotivando o agricultor a adotar plantas de cobertura no verão.

Por outro lado, talvez o entendimento seja de que o correto seria incluir a planta de cobertura em uma parte da área (20-30%), a fim de reduzir risco produtivo (plantios finais de fevereiro tem maior risco de perdas por geada), reduzir necessidade de capital imobilizado (parque de máquinas superdimensionado para conseguir agilidade de processos) e conseguir estabilidade produtiva. É difícil contemplar todas as possibilidades de rotações, mas uma pergunta nos vem a mente sobre esse arranjo de uso da *Urochloa*: e se ao invés de milho 1^a safra fosse cultivado soja em sequência, haveria resposta positiva em termos de incremento de produtividade? Logo, estes resultados respaldam tomadas de decisões futuras em relação ao ajuste das rotações do sistema produtivo e permitem fazer comparações entre os arranjos.

Ao analisar os modelos de produção que adotam a combinação de milho - soja aos três anos de cultivo, observa-se uma superioridade no sistema de rotação de milho sobre soja na safrinha, e aveia+nabo e trigo (S4T19), com o maior LO (R\$21.922,53 ha⁻¹) e IL (53,15%) em detrimento da sucessão milho - soja e aveia+nabo (S1T1). No entanto, ao comparar esses dois tratamentos tem-se uma superioridade com LO de R\$ 828,78 ha⁻¹ e um IL de 0,0046 % no modelo de rotação, se considerar a lucratividade por área, e que a cultura do trigo é comercial, assim como a soja e o milho, este tratamento é muito interessante, mesmo considerando a baixa produtividade da terceira safra em relação as anteriores, porém, a

diferença de lucratividade após pagar-se os custos é muito pequena, praticamente zero, mostrando que a sucessão quando bem planejada em curto e médio prazo é lucrativa. No entanto, salienta-se que em longo prazo a rotação pode aumentar essa diferença de IL, se tornando além de mais rentável, mais sustentável, pensando nos diferentes serviços ecossistêmicos.

Ressalta-se que, o rendimento da soja safrinha é influenciado pelas adversidades/ condições climáticas, como redução do comprimento dos dias e redução gradativa da luminosidade, além disso, nesta época a pressão de pragas e doenças é maior, podendo vir a aumentar o risco produtivo, reduzindo o retorno econômico. Também, apesar de não ser o caso desse experimento, muitas vezes o produtor antecipa a semeadura, expondo os híbridos a um maior período de susceptibilidade a pragas e utiliza materiais hiperprecoce, que são susceptíveis a doença, o que acaba por aumentar os custos de produção e ou exigir uma maior adoção de defensivos agrícolas e consequente pressão de seleção imposta no sistema.

Para os modelos de produção que receberam a cultura da soja na primeira safra de verão, verifica-se o maior retorno econômico, segundo os indicadores econômicos nos tratamentos S3T13 e S2T8 respectivamente, ambos com arranjo produtivo de soja safra e milho safrinha, obtendo o maior lucro por área no sistema de rotação de culturas, oriundo do cultivo anterior de feijão/soja/milho (S3T13).

Segundo Faleiros, (2020) o sistema soja-milho 2ª safra é o mais adotado no estado do Paraná. Desta forma, ao comprar o uso de modelos de produção soja-milho (S2T8) em detrimento de milho-soja (S1T1), ambos cultivados no sistema de sucessão observam-se uma diferença positiva para uso de soja safra e milho 2ª safra com LO de R\$ 6.851,65 ha⁻¹ e IL de 9,52%.

Por outro lado, é importante destacar que no sistema milho-soja 2ª safra de verão, a área pós-soja permite o cultivo da cultura do trigo na segunda quinzena de maio, e/ou o cultivo de plantas de cobertura, enquanto que no sistema soja-milho, a colheita ocorre em julho, reduzindo a entressafra e tornando questionável a adoção de plantas de cobertura, o que agrava a problemática de manejo de plantas daninhas. De acordo com STEILMANN (2022), ao avaliar em duas safras o efeito de sucessão *versus* rotação de culturas com uso de plantas de cobertura sobre a supressão de plantas daninhas, os arranjos produtivos de rotação demonstraram maior redução de espécies de plantas daninhas da safra 2020/21 para safra 2021/22, devido a possibilidade de rotação de herbicidas. Ainda, a mesma autora constatou que o uso das espécies de cobertura Lab Lab, *Urochloa* e *P.glaucum* tiveram efeito positivo para redução das plantas daninhas.

Analisando ainda o modelo produtivo soja-milho disposto nos sistemas de rotação de culturas (S3T13 e S4T19), têm-se uma superioridade do tratamento S3T13 com LO de R\$ 7.679,08 ha⁻¹ e IL de 8,96%. Battisti *et al.* (2020), que ao avaliar na região centro-oeste do Brasil, a rentabilidade de arranjos de produção em cultivos solteiros e sob sucessão de soja-milho, em 35 safras, observaram uma lucratividade da sucessão soja-milho de R\$7.400,00 ha⁻¹. De modo geral, o alto valor da comercialização dos grãos, tanto de soja como de milho, nas três safras foi o principal elemento para destacar esse modelo de produção.

Oligini *et al.* (2021) ao estudarem a viabilidade econômica da sucessão soja –milho dispostas em diferentes épocas de semeadura no sudoeste do Paraná, observaram ao considerar duas safras (2016-2017) LO médio de R\$ 8.771,35 ha⁻¹ para a sucessão. Alves, (2021), observou para a sucessão soja-milho quando avaliados no sudoeste do Paraná em duas safras somadas (2019-2020), um LO de R\$10.687,38 ha⁻¹ e LO de 50,65%. Nesse contexto, Nóia Júnior e Sentelhas (2019) reafirma que o retorno econômico da combinação soja-milho em sucessão, esta diretamente correlacionado a época de semeadura, uma vez que esta predispoem toda a produção á maiores ou menores riscos climáticos.

Ainda, ao observar o uso de soja em primeira safra, tem-se que o uso da combinação soja-feijão–aveia+nabo/centeio no sistema de rotação de culturas (S3T14) gerou uma lucratividade por unidade de área (LO) de R\$716,73 ha⁻¹ superior ao mesmo tratamento no sistema de sucessão. Esta margem interessante de LO e IL, apresentada pelo modelo de produção com feijão na safrinha, está correlacionada com menor custo efetivo e o valor agregado superior no momento de comercialização.

Ressalta-se que modelos produtivos que adotam a cultura do feijão na segunda safra de verão, fornecem um menor índice de risco produtivo ocasionados por geada, pelo fato desta cultura ser colhida até final de maio, permitindo ainda a implantação da cultura do trigo, o que não ocorreria no caso do uso de milho na segunda safra, o qual é colhida no mês de junho/julho, além da maior exposição á geadas e redução do período de entressafra (60 a 90 dias) até o início da próxima safra de verão, podendo a vir estimular a adoção de pousio.

O uso de pousio, após o cultivo de culturas de interesse comercial na segunda safra de verão, ou após a primeira safra, resultam no surgimento de ervas daninhas e degradação do solo, devido á possibilidade de erosões e compactação superficial, quando se compara á areas com cobertura vegetal (CASTRO *et al.*, 2011).

Em relação ao uso de trigo no sistema de rotação de culturas (S4), observa-se na tabela 12, que o modelo de produção que apontou o melhor retorno econômico foi à adoção de soja ou milho safra com lablab na segunda safra de verão e aveia+nabo e/ou trigo na

entressafra de inverno (S4T24), com lucratividade por área de R\$19.429,86ha⁻¹ e IL de 54,17%. Ao confrontar esse modelo de produção (S4T24) com o tratamento S1T4 (milho-lablab-aveia+nabo), observa-se uma superioridade no retorno econômico com uso de trigo na rotação (S4T24) com LO R\$ 2.766,87 ha⁻¹ e lucratividade de 1,75%.

Ao avaliar na situação de campo, é possível inferir que a cultura do trigo no sistema 4, se torna a de maior risco produtivo, em razão da possibilidade de ocorrência de geadas na antese/espigamento ou ainda chuvas na pré-colheita, interferindo na qualidade industrial dos grãos (GUARIENTI *et al.*, 2005; SCHNEIDER, 2021) e, logo, seu preço de mercado. Neste sentido, a semeadura do trigo deve ser posicionada dentro do zoneamento, no final de maio, dispondo sua colheita em outubro, ou até mais tarde, afetando o cultivo da soja, como ocorreu na safra 2020/2021. Essa situação de atrasado na semeadura da soja predispõe a mesma, a maior pressão de pragas e doenças, principalmente mês de fevereiro, situação está que somado a eficiente lucratividade de culturas como o milho segunda safra, o que tem motivado os produtores a trocar a cultura do trigo pela de milho safrinha, principalmente no estado do Paraná (MAPA, 2021).

Neste sentido, ao analisar uma situação confrontando um sistema tradicional de sucessão soja-milho (S2T8), com um modelo de produção com rotação completa, empregando trigo em um ano e no outro milho, ou feijão (S4T20), observa-se uma superioridade na sucessão para o indicador de lucratividade de 9,15%, e um lucro operacional de R\$ 5.110,61ha⁻¹, quando se considerou a soma de três safras produtivas. Resultados semelhantes foram encontrados por Alves, (2021), que ao avaliar o somatório de duas safras, obteve que o sistema de rotação com uso de trigo, foi inferior ao sistema de sucessão soja-milho safrinha, ao considerar o IL, porém, em relação ao lucro por área, o sistema de rotação foi superior. Muito além da resposta em termos de produtividade, a viabilidade econômica é muito influenciada pelo preço de venda das *commodities*. Considerando o preço de venda da soja, milho e trigo na safra 2020/21 em R\$ 154,00, 72 e 87 respectivamente, percebe-se um elevado valor para as *comoditties* soja e milho.

Logicamente que além da viabilidade econômica, é fundamental entender o impacto das espécies sobre a viabilidade técnica e resiliência do sistema produtivo, uma vez que inúmeros resultados apontam os benefícios da rotação sobre a redução da pressão de doenças necrotróficas sobre o trigo (REIS *et al.*, 2011), modelos produtivos como estes, podem ser também rentáveis e virar uma boa opção de cultivo. Além disso, com a rotação de culturas, e adoção de trigo na entressafra de inverno, ocorre a possibilidade de uso de diferentes moléculas de herbicidas, tendo um melhor controle do banco de sementes, o que beneficia o

manejo da soja que vem em sucessão (LAMEGO *et al.*, 2013), o que não ocorreria em um sistema que adota milho safrinha, o qual demonstra problemas com ervas daninhas, principalmente buva, elevando o custo de produção. Segundo TREZZI *et al.*, 2013, áreas com elevadas infestações de buva, provocam redução na produtividade de soja de até 25%, portanto, se considerar a produtividade e o valor de venda com essa redução, teríamos R\$ 1.800,00 a ser diminuído no lucro do milho segunda safra de verão.

No que diz respeito aos modelos de produção com uso de plantas de cobertura na sequência de culturas de grãos comerciais, observa-se que no tratamento SIT3, que o milho cultivado sobre *crotalaria juncea* apresentou o melhor desempenho econômico por área (R\$ 17.425,34 ha⁻¹ e IL de 53,07%) em relação aos demais modelos estudados. Importante destacar que no 3º ano de avaliação a produtividade do milho pós crotalaria foi de 2,730 kg ha⁻¹ superior ao milho da sucessão milho-soja, o que demonstra a importância da rotação da inclusão das leguminosas no sistema. Vale salientar, que no 1º e 2º ano de avaliação, não houve diferença de produtividade entre os tratamentos, o que reflete a necessidade de entender os benefícios dos sistemas de produção a médio e longo prazo.

De acordo com Langholtz *et al.*, (2021), ao estudar os potenciais benefícios econômicos e ambientais do aumento da eficiência do uso de nitrogênio, obtiveram um aumento de 20% na eficiência de uso de nitrogênio em culturas, reduzindo em 1,4 milhões de toneladas por ano, o que aumenta os lucros líquidos do produtor rural em R\$ 743 milhões, cerca de 1,6% ao ano. Destaca-se que o uso de espécies de cobertura, em específico, leguminosas como crotalaria na segunda entressafra de verão/outono, pode fixar de 197 – 249 kg de N ha⁻¹ ano, ainda, de modo geral, as leguminosas quando incluídas nas rotações podem fornecer uma fixação de 50 a 200 kg de N ha⁻¹ (SIMIONI *et al.*, 2014).

Em nível nacional, segundo Dall'agnol (2016) devido à cultura da soja ter a habilidade de fixação biológica de nitrogênio, e conseqüentemente dispensar o fornecimento de N, tem-se uma economia de cerca de R\$ 15 bilhões/ano nos custos de produção e operacionais. Além da vantagem relacionada à economia, as leguminosas também apresentam benefícios ambientais, reduzindo a contaminação de águas e do ar, desta forma, o cultivo de soja se torna a mais eficiente opção como espécie fornecedora de proteína vegetal, assim como, as demais plantas de cobertura leguminosas se tornam extremamente interessantes dentro dos sistemas de produção, pois uma vez fixado no solo, este nutriente se torna disponível nos próximos cultivos, podendo com o tempo reduzir consideravelmente o fornecimento de N via adubação mineral, que dispõe de balanço energético líquido negativo.

Em relação aos indicadores econômicos oriundos dos modelos de produção que

adotam o uso soja safra e plantas de cobertura em sucessão, observa-se que, o uso de lablab (S2T10) na segunda safra, apresentou-se como o melhor modelo entre as demais espécies de cobertura, ao considerar o LO, porém, se comparar ao uso de milheto na segunda safra, o qual resultou no maior IL, evidencia-se uma diferença de R\$ 292,86 ha⁻¹. Ao correlacionar o uso de lablab com outro modelo que adota leguminosa de interesse comercial (S2T7), verifica-se uma diferença de lucratividade de 3,48% com superioridade ao adotar o uso de lablab, considerando o retorno sobre os custos (Tabela 12).

Ao considerar os modelos com uso de plantas de cobertura em sistema de rotação (S3 e S4) de culturas com feijão, milho e soja, encontram-se resultados semelhantes, com o maior retorno econômico por área fornecido pelo uso de uma leguminosa, no caso crotalária (S3T15) e Lablab (S4T24) já o maior retorno após pagar os custos (IL) foi expresso pelo uso de milheto, com superioridade de 1,54% e 6,10% em relação ao uso de crotalária (Tabela 12). Segundo Volsi *et al.* (2021), ao avaliar diferentes combinações de espécies de grãos e de cobertura em rotação no noroeste do estado do Paraná, verificaram que o arranjo que adotou o maior número de espécies gerou o maior retorno econômico, com lucratividade superior em 3 safras.

Os modelos de produção de sucessão de culturas com adoção de plantas de cobertura, quanto ao indicador Índice de Lucratividade, o qual aponta a maior porcentagem de retorno econômico após diluir os custos, indica que os tratamentos S2T11 e S2T12 (IL de 59 á 60%), entregam os melhores retornos econômicos, em comparação ao uso de modelos de produção de sucessão de culturas de grãos com milho/soja-feijão (S1T2 e S2T7), entretanto, quando considerado o LO e/ou lucro líquido, o tratamento com sucessão milho-feijão (S1T2) apresentou superioridade de R\$ 6493,28 ha⁻¹.

Ainda, ao analisar o efeito das plantas de cobertura nos indicadores econômicos no sistema de rotação com trigo, evidencia-se que o uso de lablab solteiro e uso de mix de cobertura (milheto+crotalária+brachiaria) (T24 e T22) respectivamente, são os melhores modelos, tendo ótimas lucratividades tanto por área, (com superioridade de 257,21 reais por hectare ao utilizar lablab solteiro) quanto após cobrir os custos (superioridade do lablab em 0,17%), apontando como as combinações mais interessantes, quando existe plano de inserir plantas de cobertura no sistema produtivo com trigo.

Esses resultados apontam que o sistema de rotação utilizando leguminosas e gramíneas rotacionando entre plantas de cobertura e culturas comerciais, são economicamente viáveis, e mesmo não entregando um valor imediato, deve ser sempre considerada visando os potenciais benefícios fornecidos ao solo e a cultura em sucessão no médio e longo prazo,

ainda, aliando o baixo custo de implantação e manejo, auxilia no positivo retorno econômico.

De modo geral, ao observar o efeito da adoção de plantas de cobertura na segunda safra de verão nos modelos de produção, em comparação aos modelos que adotam apenas culturas comerciais, tem-se que todos os tratamentos apresentaram um LO inferior ao adotar plantas de cobertura. Esse resultado é justificado pela comercialização de grãos oriundas das culturas de soja, milho e feijão, enquanto que as espécies de cobertura apresentam apenas vantagens indiretas, auxiliando nos incrementos de produções por meio do solo e do ambiente. Importante destacar que não houveram interpéries climáticas graves (longos períodos de stress hídrico ou geada no mês de maio) ao longo do período de avaliação considerado, o que poderia alterar significativamente os resultados apresentados.

Segundo Volsi *et al.* (2021), sistemas de produção mais diversificados resultam em lucratividades superiores em relação aos sistemas de sucessão soja/milho, uma vez que, mesmo que os custos variáveis sejam elevados, a receita líquida superior compensa tal sistema. De acordo com os mesmos autores, a eficiente produtividade das culturas de soja, milho e feijão, aliadas ao bom preço de mercado, quando mensuradas aos três anos, demonstram uma influência positiva no maior retorno líquido quando empregadas na rotação.

Considerando o risco produtivo, retorno econômico por área e lucratividade dos modelos de produção, o mais certo, seria adotar uma mistura de risco produtivo e potencial de retorno econômico, de modo que o agricultor adote uma combinação de espécies, épocas de semeadura e conservação do solo e da água, visando minimizar o risco e melhorar a sua lucratividade ao longo das safras produtivas, visando a sustentabilidade do sistema em longa data, com perspectivas que vão além de uma ou duas safras agrícolas, onde uma cultura irá influenciar a outra e todo o modelo produtivo.

4.2.2.2 Análise do desempenho econômico dos sistemas de produção

Com o propósito de auxiliar no entendimento da comparação entre os modelos de produção (sucessão x rotação de culturas), foram listados os valores máximo, médio e mínimo de RB, MB, LO e IL de cada modelo de produção, considerando o índice de lucratividade para tal escala, os quais estão apresentados na tabela 13. Estes indicadores pressupõem 3 possíveis cenários de resultados, evidenciando o máximo retorno econômico da utilização daquele modelo de produção, o menor retorno econômico e o valor médio, o qual enfatiza o que seria mais realizável na prática do campo, quando empregado os tratamentos avaliados em cada sistema.

Tabela 13 – Indicadores econômicos de três anos safras por sistema de produção (2018/2019; 2019/2020 e 2020/2021), considerando cenários de máximo, médio e mínimo retorno econômico dos sistemas. UTFPR-Pato Branco, PR, 2023.

Sistemas	Tratamentos	Valores	RB R\$ ha ⁻¹	MB %	LO R\$ ha ⁻¹	IL (%)
1	5	Máximo	31.091,66	115,84%	16.686,53	53,67%
	-	Médio ¹	34.943,05	111,29%	18.406,39	52,66%
	6	Mínimo	29.924,36	105,75%	15.380,39	51,40%
2	8	Máximo	44.926,24	164,57%	27.945,40	62,20%
	-	Médio	32.223,06	143,13%	18.981,05	58,74%
	9	Mínimo	26.528,84	125,84%	14.782,19	55,72%
3	13	Máximo	47.663,12	163,89%	29.601,60	62,11%
	-	Médio	34.532,33	136,46%	19.967,09	57,56%
	14	Mínimo	40.181,45	120,75%	21.978,97	54,70%
4	24	Máximo	35.867,91	118,20%	19.429,86	54,17%
	-	Médio	37.281,50	112,85%	19.766,82	53,00%
	23	Mínimo	34.281,13	105,58%	17.605,46	51,36%

*Sistemas 1 e 2 - sucessão de culturas e sistemas 3 e 4 - rotação de culturas. ¹O valor médio é obtido pela média dos tratamentos dentro de cada sistema (Ex: S1, média do T1 ao T6).

Fonte: O autor (2023).

Analisando os valores médios para o IL, observa-se que o modelo de sucessão que recebeu soja na 1^o safra (S2) apontou o maior valor entre todos os sistemas com percentuais de 1,18%, e 5,74% superiores aos encontrados nos sistemas de rotação de culturas S3 e S4, respectivamente, ainda, quando comparado com o IL médio do modelo de produção que recebeu sempre milho na safra (S1), evidencia-se uma superioridade do S2 de 6,08% (Tabela 13). Este resultado aponta que as combinações de culturas que contam com a cultura da soja na safra de verão tendem a fornecer aos agricultores maior renda bruta provável após o pagamento dos custos de produção em relação aos outros modelos de produção.

Apesar disso, o sistema 3, o qual adota a rotação de culturas, foi o que entregou maior Lucro Operacional médio por hectare, demonstrando que a escolha por esse modelo de produção pode assegurar aos agricultores maior lucro por unidade de área (hectare), em relação aos demais sistemas, e aliado ao elevado valor de comercialização acabam sendo atrativas tanto quanto a sucessão com soja na safra (Tabela 13).

Mello e Esperancini (2015), ao estudar a viabilidade econômica de sistemas que adotavam rotação e sucessão de culturas, empregando a cultura da soja na primeira safra de verão e plantas de cobertura em sucessão por três anos safras, observaram que o sistema produtivo de rotação atingiu lucratividade (74,4%, 94,9% e 29,6%) superior ao sistema de sucessão de culturas, atribuindo ainda um incremento de produtividade de 8, 18 e 4 sacas por hectare respectivamente, ou seja, apontando que a rotação é mais viável economicamente que

a sucessão quando avaliado aos três anos de implantação.

O sucesso ambiental e econômico proporcionado pela diversificação de espécies no sistema produtivo também foi observado por Volsi *et al.* (2021) os quais constataram ao avaliar a rentabilidade do uso da sucessão soja/milho e de sistemas de rotação por três safras agrícolas, que a rotação de culturas é mais rentável e promissora, gerando um retorno líquido 2,8 vezes superior à sucessão soja/milho.

Quanto mais diversificado for um sistema de produção, mais benefícios são entregues ao sistema solo-planta, por inúmeras variáveis já comentadas neste trabalho, portanto além dos pontos positivos devido aos serviços ecossistêmicos das diferentes espécies, é possível ter maior retorno econômico, como observado por Garbelini *et al.*, (2022).

Segundo Garbelini *et al.*, (2020) ao avaliarem diferentes graus de diversificação de culturas nos sistemas agrícolas, observaram que os modelos de produção que adotaram maior diversificação na rotação de culturas aumentaram o rendimento das culturas e conseqüentemente o lucro em relação ao uso da sucessão milho-soja. Ainda, de acordo com os mesmos autores, em relação ao rendimento e lucratividade, é melhor substituir a segunda safra de milho, pela planta de cobertura *Brachiaria ruziziensis* (*Urochloa ruziziensis*) a cada 3 anos, ou o uso do consórcio de milho+brachiaria no inverno.

Em relação ao sistema 1, observa-se que o mesmo expressou o menor valor médio de IL (52,66%), apresentando-se mesmo assim economicamente viável. Além do IL, para esse modelo de produção o indicador LO médio, também se apresentou como o mais baixo (18.406,39 R\$ ha⁻¹) entre os demais, possivelmente isso está aliado ao valor de venda, as épocas de semeadura da segunda safra que geralmente são mais tardias, reduzindo a produtividade e ao elevado custo de produção que a cultura do milho demanda em relação à soja, gerando, portanto, menor lucratividade.

Confrontando os sistemas de produção 1 (milho verão) e 2 (soja verão), é possível inferir que o cultivo de soja na primeira safra de verão entrega ao agricultor uma certa segurança econômica, representada pelo maior IL médio em relação as demais opções, já o S1 adotando o cultivo do milho também em primeira safra, se torna um modelo mais arriscado quando comparado aos demais modelos estudados, pois apresentou o menor IL (Tabela 13). A cultura do milho quando empregada no sistema de sucessão apresentou uma diferença de LO médio de R\$ 574,66 ha⁻¹ em relação ao uso da soja, ou seja, também é viável a utilização do milho se as condições forem favoráveis, tendo uma diferença pequena por área.

Considerando o melhor cenário entre os sistemas de sucessão de culturas (S1 e S2), observa-se que o sistema 2, tratamento 8 apresentou um IL (62,20%) e LO (R\$ 27.945,40 ha⁻¹)

¹⁾, superior aos mesmos indicadores da melhor situação do sistema 1 (T5), indicando uma diferença entre os mesmos (S2T8 e S1T5) de R\$ 11.258,87 ha⁻¹ e 8,58% de LO e IL respectivamente, ou seja, a adoção do modelo de produção de soja na safra com milho na safrinha e plantas de cobertura na entressafra de inverno (S2T8), são mais promissoras e rentáveis que o uso constante de gramínea em sucessão á gráminea, que é o caso do S1T5 (Tabela 13).

Em relação ao pior cenário entre os modelos de sucessão, a adoção do milho em primeira safra, seguido de brachiaria e plantas de cobertura de entressafra de inverno (T6) resulta em uma redução de lucratividade de 4,32%, em comparação ao pior resultado obtido com o cultivo de soja na safra e crotalária+ plantas de cobertura de inverno (T9) (Tabela 13). Desta maneira, ainda se considerar o mínimo LO entregue pelo S1 (T6) em relação ao mesmo indicador mínimo do S2 (T9), é possível verificar uma superioridade de R\$ 598,19 ha⁻¹ para o uso de milho em primeira safra, apontando que o milho ainda pode ser uma alternativa lucrativa ao produtor, quando se considera a produção por área, porém, se o objetivo for implantar um sistema de sucessão que entregue maior probabilidade de retorno econômico, a escolha adequada é a adoção de soja na primeira safra de verão, realizando o planejamento de cultivar e época de semeadura que não comprometam a cultura em sucessão.

Melo *et al.*, 2012 obtiveram resultados semelhantes ao estudar a adoção de soja e milho no estado do Paraná, onde observaram que a oleaginosa é a opção mais viável nos piores cenários, considerando os diferentes níveis de risco em comparação a cultura do milho. Isso é parcialmente explicado pela maior estabilidade produtivida da cultura da soja, maior período em floração e susceptibilidade aos estresses climáticos em deterimento ao milho. Ainda, a soja fornece uma eficiente receita líquida em relação ao millho, apresentando mesmo em situação de 100% de risco, uma receita líquida positiva de 26,78% superior ao cereal.

Ao realizar análises de sensibilidade no estado de Goiás, observando maior retorno econômico do uso de milho na segunda safra de verão, considerando os piores cenários, Silva *et al.* (2019) apontaram que o cereal quando disposto em segunda safra se torna mais lucrativo que o uso da soja safrinha, enfatizando a importância deste tipo de estudo considerando além das culturas seus usos em primeira e segunda safra de verão, assim como, a importância lucrativa que a sucessão soja/milho (S2T8) entrega ao produtor rural.

Considerando apenas os modelos de produção que adotam rotação de culturas, ao observar os valores médios, ou seja, o que é mais provável de acontecer no campo, tem-se uma semelhança econômica, com uma leve superioridade do sistema 3, com um LO de R\$ 200 ha⁻¹ e IL de 4,56% superior ao sistema 4. Ainda, ao considerar o melhor cenário, o

sistema 3 (T13) resultou em indicadores superiores ao sistema 4, com uma diferença positiva de R\$ 10.171,74 ha⁻¹ e lucratividade de 7,94 % (Tabela 13).

Ao considerar o pior cenário entre as rotações, o S3T14 ainda é superior ao S4T23, o qual adota a crotalária na segunda safra de verão. Esse resultado sugere que a adoção de uma rotação completa, com feijão, soja e milho na primeira safra com rotação na segunda safra de verão com culturas de grãos e plantas de cobertura na entressafra de inverno, beneficia o retorno econômico, quando comparado às culturas de grãos na primeira safra, crotalária na safrinha e trigo no inverno. Ainda, possivelmente devido a adoção do trigo na entressafra de inverno no sistema 4, afetou os indicadores econômicos, visto que além de impossibilitar o cultivo de culturas comerciais antes de seu cultivo, devido a curta janela produtiva, o que pode ter afetado a produtividade da crotalária por exemplo, ainda atrasa o cultivo da safra de verão, enfatizando que o sistema 4 teve interferência negativa das épocas de semeadura.

Relacionando o bom retorno econômico dos modelos de produção de rotação de culturas com a produção de biomassa total dos mesmos, é possível inferir que além de lucratividade, esses modelos produtivos entregam benefícios na qualidade do solo, ciclagem de nutrientes, proteção do solo, tornando o sistema resiliênte, além dos benefícios ambientais como fixação de carbono.

CONCLUSÕES

O *P. glaucum* apresentou a maior precocidade e produtividade, sendo uma espécie ideal para cobertura do solo em curtas entressafras, quando a sementeira é posicionada no verão e no outono. A matéria seca total das espécies de cobertura é reduzida à medida que o período de sementeira vai de fevereiro a março.

A *U. brizantha* e *C. juncea* são culturas de cobertura mais viáveis para períodos de entressafra superiores a 90 dias.

A produtividade das espécies de cobertura é influenciada pela cultura antecessora, sendo mais produtivas sobre o arranjo com soja no verão. O *D. lablab* apresentou a menor produtividade de biomassa em relação as espécies de cobertura quando cultivado na sucessão ao milho.

O modelo de produção que entregou maior acúmulo de biomassa total, foi o arranjo de milho, *P. glaucum* e *Av. strigosa* + *R. Sativus*, totalizando 32,6; 35,5 e 26,2 t MS ha⁻¹ nas safras 2018/19; 2019/20 e 2020/21 respectivamente.

A 1ª safra de verão, demonstrou ser mais produtiva e rentável em relação 2ª safra/safrinha na maioria dos modelos produtivos, gerando maior contribuição na lucratividade dos arranjos produtivos. Tratando de lucratividade o *P. glaucum* e *C. juncea* foram as espécies que se destacaram entre as demais para cobertura.

Com três anos de cultivo, o modelo de produção que aponta o melhor desempenho econômico (LO de R\$ 29.601 ha⁻¹ e IL de 62,11%) é a rotação feijão-milho-soja na 1ª safra de verão com soja-soja-milho na 2ª safra de verão respectivamente mais aveia+nabo na sequência (S3T13), sendo um modelo lucrativo e sustentável. O maior IL (62,20%) foi apresentado no sistema de sucessão com soja-milho-aveia aos três anos.

Ao considerar somente o índice de lucratividade (IL%) aos três anos as espécies de cobertura demonstraram resultados econômicos semelhantes aos obtidos com cultivos somente de plantas com viés comercial, no entanto, ao levar em conta o lucro operacional (LO R\$ ha⁻¹), o uso de culturas comerciais na segunda safra de verão se torna mais lucrativo do que somente plantas de cobertura.

De modo geral, o ideal é buscar o equilíbrio produtivo, adotando parte da área com plantas de cobertura, e a outra parte com culturas de interesse comercial, com retorno financeiro imediato, em sistema de rotação, assim, utilizando os serviços ecossistêmicos dos arranjos, como o exemplo da maior produtividade do milho sobre *C. juncea*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos propostos para o presente estudo foram atingidos, onde foi possível obter respostas sobre o comportamento e acúmulo de biomassa das espécies de cobertura segundo sua época de semeadura, época de avaliação (dias no campo), e efeito da cultura antecessora, para regiões com características semelhantes ao do estudo.

Entre as espécies de cobertura o milheto recebe o destaque, respaldado pelos dados obtidos, porém, em nível de campo, a crotalaria apresentou uma vida útil da palhada muito interessante, da mesma forma que a brachiaria, se torna uma opção além de cobertura, como uso para pastejo devido a sua elevada formação de palhada, principalmente pré- trigo.

Ainda o uso do mix de espécies de cobertura se torna promissor, atendendo melhor as demandas dos sistemas, entregando ao solo e aos cultivos em sucessão benefícios específicos de cada cultura ao mesmo tempo (sistema radicular, ciclagem de nutrientes, palhada entre outros), sendo necessárias maiores investigações quanto as possíveis combinações de espécies para uso tanto na 2ª safra como na entressafra, ou ainda, a possibilidade de cultivo do mesmo durante toda a entressafra de verão e inverno.

No que diz respeito ao retorno econômico de cada modelo de produção, evidenciam-se que aos três anos os modelos de produção de rotação de culturas já apontam superioridade de retorno econômico por área, em relação aos sistemas de sucessão, onde a rotação incluindo culturas comerciais em safra e safrinha são economicamente viáveis e rentáveis, indicando que em questão monetária, não há necessidade de exaurir o solo empregando apenas sistemas de sucessão. Portanto, sistemas de produção diversificados são economicamente competitivos com sistemas de cultivo em sucessão.

Ainda, outro cenário aponta retorno econômico muito próximo ao entregue pelo modelo de produção de rotação, com uso de feijão, soja e milho na primeira safra e soja e milho na segunda safra, com aveia+nabo na entressafra de inverno; que é o sistema de sucessão que adota soja sempre na primeira safra e milho na segunda safra de verão, porém, mesmo apresentando um índice de lucratividade superior, porém, muito próximo ao sistema de rotação, o risco produtivo do milho safrinha deve ser levado em consideração, assim como, os pontos negativos que a sucessão entrega ao ambiente com o tempo.

Os resultados econômicos encontrados no presente trabalho ainda possibilitam a interpretação de que a combinação de risco produtivo e potencial de retorno econômico seja necessário, onde o produtor rural pode adotar um modelo de produção com combinação de espécies (cultivares e híbridos) e épocas de semeadura, visando reduzir o risco produtivo e

otimizar a sua lucratividade ao longo do tempo, em uma estratégia de retorno á nível de 8-10 anos e não apenas durante uma safra agrícola.

Da mesma forma, partindo do entendimento que o retorno imediato oferecido pelas culturas comerciais na segunda safra de verão são atrativas e necessárias para a viabilidade da atividade rural, vale ressaltar que o uso de espécies de cobertura na 2ª safra, entregou retorno econômico ao considerar o índice de lucratividade aos três anos de cultivo, muito próximo ao uso de culturas comerciais, ou seja, ao longo do tempo, o uso dessa diversidade de espécies entrega a cultura da safra verão benefícios, ao ponto de aumentar a produtividade da primeira safra e não ser necessário o uso de grãos na 2ª safra.

Logicamente, isso é algo que pode vir a impactar o produtor, por isso, o ideal seria que a propriedade agrícola trabalha-se com um planejamento anual, realizando a divisão da área em talhões, destinando parte da área (20 a 25%) para o cultivo de espécies de cobertura e o restante com culturas comerciais, ainda, essas áreas podem seguir rotacionando.

Desta forma, o produtor consegue aliar rentabilidade com sustentabilidade do sistema de produção, utilizando os serviços ecossistêmicos, a herança biológica das espécies de cobertura leguminosas e gramíneas, podendo ainda, adotar nestas áreas o uso de mix de cobertura, usufruindo dos benefícios sem impactar economicamente no curto prazo.

Ressalta-se que ainda há muito a se estudar nos próximos anos em relação aos modelos de produção de rotação e sucessão de culturas, tanto sobre o retorno financeiro de cada arranjo com 5, 10, 15 anos, por exemplo, como, o efeito detalhado de cada combinação de culturas nos parâmetros de qualidade do solo (química, física e biológica), infestação de plantas daninhas, e aspectos fitossanitários, assim como possíveis combinações de culturas rotacionando além da 1ª safra, a 2ª safra e possibilidades de mix de cobertura.

O intuito deste estudo além de levantar dados para tomadas de decisão de manejo é mostrar ao produtor rural e aos colegas de profissão, que há inúmeras possibilidades da agricultura ser economicamente viável, e mesmo assim, sustentável, respeitando o meio ambiente, conservando o solo e a água. Ainda, busco instigar futuras pesquisas.

REFERÊNCIAS

- ADAMI, P. F.; COLET, R. A.; LEMES, E. S.; OLIGINI, K. F.; BATISTA, V. V. Cover plants in soybean-wheat and soybean-soybean off season. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n 3, p. 16551-16567. 2020.
- AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO PARANÁ (ADAPAR), Portaria Nº 189, de 22 de Agosto de 2016. Disponível em: http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/GABINETE/PORTARIAS/2016/189_16.pdf Acesso em 20 de junho de 2021.
- AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO PARANÁ (ADAPAR), Portaria Nº 342/2019 de 2019.
- ALBUQUERQUE, A. W. D.; SANTOS, J. R.; MOURA FILHO, G.; REIS, L. S. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 721-726, jul. 2013.
- ALGERI, A.; VILAR, C. C.; USHIWATA, S. Y.; REIS, R. D. G. E. Produção de biomassa e cobertura do solo por milheto, braquiária e crotalaria cultivados em cultura pura e consorciados. **Global Science and Technology**, v. 11, n. 2, p. 112-125, mai/ago. 2018.
- ALVES, N. M. **Viabilidade técnica e econômica de sistemas de produção de grãos**. 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Pós Graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021.
- ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; MACHADO, J. A. D.; DE OLIVEIRA, L.; DE SOUZA, Â. R. L. O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.12, n. 2, p. 515-540, abr. 2019.
- ARTUZO, F.D.; FOGUESATTO, C.R.; SOUZA, Â.R.L. DE; SILVA, L.X. da. Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v.20, n.2, p.273-294, 2018.
- ARTUZO, F.D.; JANDREY, W.F.; CASARIN, F.; MACHADO, J.A.D. Tomada de decisão a partir da análise econômica de viabilidade: Estudo de caso no dimensionamento de máquinas agrícolas. **Custos e agronegócio online**, v.11, n.3, 183-205, 2015.
- BAJWA, A. A.; WALSH, M.; CHAUHAN, B. S. Weed management using crop competition in Australia. **Crop Protection**, v. 95, p. 8-13, maio, 2017.
- BALBINOT, A. A.; SANTOS, J. C. F. D.; DEBIASI, H.; YOKOYAMA, A. H. Contribution of roots and shoots of Brachiaria species to soybean performance in succession. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 8, p. 592-598, ago. 2017.
- BALBINOT JR., A. A.; MORAES, A. ; BACKES, Rogério Luiz . Efeito de coberturas de inverno e sua época de manejo sobre a infestação de plantas daninhas na cultura de milho. **Planta Daninha**, v. 25, p. 473-480, 2007.
- BARBIERI, M. et al. Ensaio sobre a bioatividade do solo sob plantio direto em sucessão e

rotação de culturas de inverno e verão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42 n. 1. p. 122-134, 2019.

BARROS, T. D.; JARDINI, J.G. **Nabo Forrageiro**. AGEITEC. Disponível em < agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fb123vn002wx5eo0sawqe38tspejq.html> Acesso em 12 de junho de 2021.

BATTISTI R.; FERREIRA, M. D. P.; TAVARES, E. B.; KNAPP, F. M.; BENDER, F. D.; CASAROLI, D.; ALVES JÚNIOR, J. Rules for grown soybean-maize cropping system in Midwestern Brazil: Food production and economic profits. **Agricultural Systems**, v. 182, p. 102850, jun. 2020.

BAUMGRATZ, E. I. Produção de trigo A decisão por análise econômico financeira. **Revista de Política Agrícola**, v. 26, n. 3, p. 8-21, 2017.

BETTIOL, J. V. T.; PEDRINHO, A.; MERLOTI, L. F.; BOSSOLANI, J. W.; SÁ, M. E. Plantas de Cobertura utilizando *Urochloa ruziziensis* solteira e em consórcio com leguminosas e seus efeitos sobre a produtividade de sementes do feijoeiro. **Uniciências**, v.19, p. 13-10. 2015.

BERTOL, J. O.; DIECKOW, J.; CONCEIÇÃO, P. C.; TELLES, T. S. **Manual de manejo e conservação do solo e da água para o estado do paraná**, 1. ed. Curitiba, cap. 3, pág 44, (2019).

BHERING, S. B. et al. Mapa de solos do Estado do Paraná, legenda atualizada. 2009.

BORGES, W. L. et al. Cobertura do solo, acúmulo de biomassa e de nutrientes em leguminosas para uso como adubo verde. **Embrapa Amapá-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2018.

BUENO, J. B.; RODRIGUES, G. A. Palha sobre o solo no crescimento da cultura do nabo forrageiro em área degradada. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 1, p. 370-377, 2019.

CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná. Londrina: Iapar, 1990. 37p. (Boletim Técnico, 35).

CALEGARI, A. Solo Vivo: Manejo Integrado De Solos. Guia técnico de plantas de cobertura. ed 5. 2019.

CARDOSO, P. de S. Potencial de espécies forrageiras na recuperação de áreas arenizadas. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Agrícola), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFAR, RS) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA, RS), 2017.

CARVALHO, AM. de; AMABILE, RF. **Plantas condicionadoras de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo**. In: CARVALHO, AM. de; AMABILE, RF. (Ed.). Cerrado: adubação verde. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. 369p.

CARVALHO, L. C.; ESPERANCINI, M. S. T.; DOS SANTOS, J. Z.; RIBAS, L. C. Análise comparativa de estimativas de custo de produção e rentabilidade entre sojas RR1 E RR2 PRO/Bti. **Energia na agricultura**, v. 31, n. 2, p. 186-191, 2016.

CARVALHO, P.; BREMM, C.; FARIAS, G. et al. Nutrição: adubação para a cultura ou para o sistema?. **A Granja**. p. 59 – 51, dez. 2020.

CASTRO, G., S., A.; CRUSCIOL C., A., C.; NEGRISOLI, E.; PERIM L. Sistemas de produção de grãos e incidência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 29, p. 1001-1010, 2011.

CECCON, G. *et al.* Desempenho do consórcio milho-braquiária: Populações de plantas e modalidades de semeadura de *Urochloa brizantha* cv. Piatã. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, p. 26-30, 2012.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento: Acompanhamento da safra brasileira - Grãos, safra 2022/2023. Nov, 2022, Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4794-monitoramento-apresenta-a-influencia-das-chuvas-na-cultura-do-trigo-e-nas-da-safra-de-graos-2022-23>>. Acesso em 28 dez. 2022.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento: Monitoramento Agrícola, safra 2022/2023 2 levantamento v. 2, n. 9, Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/19343-2-levantamento-safra-2022-23>>. Acesso em 28 dez. 2022.

CONTE, Osmar. A diversificação de culturas como insumo no sistema de produção. **Blog da Embrapa Soja**, 2020. Disponível em: <https://blogs.canalrural.com.br/embrapasoja/2020/05/11/a-diversificacao-de-culturas-como-insumo-no-sistema-de-producao/>. Acesso em 18 de junho de 2021.

CONTINI, E.; MARTINS MOTA, M.; MARRA, R.; et al. Série desafios do agronegócio brasileiro (nt2) Milho -Caracterização e Desafios Tecnológicos. 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>>. Acesso em: 10 junho 2021.

COSTA, M. D. G. D.; SOUZA, E. L. D.; STAMFORD, T. L. M.; ANDRADE, S. A. C. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 220-225, Mar. 2008.

CREMONEZ, F. E. **Uso de plantas de cobertura na entressafra de milho e soja**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2018.

CRUSCIOL, C. A.; SORATTO, R. P.; BORGHI, E.; MATHEUS, G. P. Benefits of integrating crops and tropical pastures as systems of production. **Better Crops**, v. 94, n. 2, p.14-16, 2010.

DA SILVA, K. D.; et al. Economic feasibility study of soybean and corn crops second harvest. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v.10, n.2, p.36-46, 2019.

DALL'AGNOL, A. Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil - Histórico e contribuições. Brasília: Embrapa, 2016. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1043614>>. Acesso em: 15 mai. 2022.

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 603-612, 2011.

DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A.; LEMAINSKI, J. Converter plantio direto em Sistema Plantio Direto-um modelo à sustentabilidade agrícola. In: Embrapa Trigo **Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 12., 2018, Passo Fundo. Ata e Resumos... Passo Fundo: Projeto Passo Fundo, 2019. Solos e Nutrição Vegetal, p. 568-572., 2019.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno. Londrina: Iapar, 1992. 80p. (Circular, 73).

DIAS, F. T. C.; PITOMBEIRA, J. B.; TEÓFILO, E. M.; DE SOUSA BARBOSA, F. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica para o caráter rendimento de grãos em cultivares de soja para o Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 1, p.129-134, 2009.

DONEDA, A.; et al. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.36, n.6, p. 1714 – 1723, dez. 2012.

DONEGA, A. J.; DOS SANTOS, E. L. Produtividade de soja em função da cultura antecessora e do manejo do solo. **Revista Cultivando o Saber**, p. 72-82, 2015.

EMBRAPA BRASIL – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistemas de produção: conceitos e definições no contexto agrícola. Londrina, 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul: safras 2017/2018 e 2018/2019**. LXII Reunião Técnica Anual da Pesquisa do Milho; XLV Reunião Técnica Anual da Pesquisa do Sorgo, Sertão, RS, 17 a 19 de julho de 2017. – Brasília, DF: Embrapa, 2017.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira**. Florianópolis, 2ed., 2012.

ERASMO, E. A. L.; GONÇALVES, R. C.; DA MATA, J. F.; BENÍCIO, L. P. F.; OLIVEIRA, V. A. Época e densidade de semeadura afetando a produção de Capim Piatã e *Brachiaria ruziziensis* em consórcio com soja. **Agrarian**, v.10, n.37, p.209-215, nov. 2017.

FALEIROS, G. D.; ALVES, L. R. A. Caracterização da dinâmica produtiva de grãos e da propriedade típica regional no sul do Brasil. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 22, p. 1554- 1554, 2020.

FERREIRA, J. J. A.; ESPINDOLA, S. M. C. G.; GONÇALVES, D. A. R.; LOPES E. W. Avaliação de genótipos de soja em diferentes épocas de plantio e densidade de semeadura no município de Uberaba - MG. **FAZU em Revista**, v.7, n. 0, p. 13-21. 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, DF. SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**. 6: 36-41, 2008

FERREIRA, L. F., RESENDE, J. S. **A Cultura do Milho**. Informação Tecnológica. 2000. Disponível em: <http://www.emater.mg.gov.br/doc%5Csite%5Csereviceoseprodutos%5Clivraria%5CCulturas%5CCultura%20do%20Milho.pdf> Acesso em: 23 de junho de 2019.

FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. Sistema de Información Científica Redalyc: **Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal**, v. 31, n. 4, p.913-932, out. 2010.

FLESCH, R. D. Efeitos temporais e espaciais no consórcio intercalar de milho e feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 1, p. 51-56, 2002.

FONSECA, G. C.; CARNEIRO, M. A. C.; COSTA, A. R. da; OLIVEIRA, G. C. de; BALBINO, L. C. Atributos físicos, químicos e biológicos de latossolo vermelho distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 1, p. 22–30, out. 2007.

FORMENTINI, E. A. et al. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. Vitória, 27p. 2008.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do trigo**. Jaboticabal: Funep, p.338, 2008.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J.M da; DEBIASI, H. Rotação de culturas: prática que confere maior sustentabilidade a produção agrícola no Paraná. **Informações Agrônomicas**, v. 134, n. 1, p. 1-13, 2011.

FRANCO, A. A. N. **Marcha de absorção e acúmulo de nutrientes na cultura do sorgo**. 2011, 74 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semi-Árido, Universidade Estadual de Montes Claros-Unimontes, Janaúba, 2011.

GALVÃO, J. C.C.; TROGELLO, E.; PEREIRA, L. P. L. Milho Segunda Safra. In: GARCIA, R. A.; STAUT, L. A. Como inserir crotalária em sistemas de produção de grãos. **Circular Técnica**, v. 44, 2018.

GARBELINI, L. G.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; BETIOLI JUNIOR, E.; TELLES, T. S. Profitability of soybean production models with diversified crops in the autumn-winter. *Agronomy Journal*, v. 112, 2020. DOI:<https://doi.org/10.1002/agj2.20308>

GARBELINI, L. G.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; COELHO, A. E.; TELLES, T. S. Diversified crop rotations increase the yield and economic efficiency of grain production systems. *European Journal of Agronomy*, v. 137, 126528, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126528>

GARCIA, R. A.; STAUT, L. A. Como inserir crotalária em sistemas de produção de

grãos. **Circular Técnica**, v. 44, 2018.

GIACOMINI, S. J.; *et al.* Biomassa microbiana e potencial de mineralização do carbono e do nitrogênio do solo em sistemas de preparo e de culturas. **Anais da FERTBIO**, 2006.

GUARIENTI, E. M.; CIACCO, C. F.; CUNHA, G. R.; DUCA, L. J. A. D.; CAMARGO, C. M. O. Efeitos da precipitação pluvial, da umidade relativa do ar e de excesso e déficit hídrico do solo no peso do hectolitro, no peso de mil grãos e no rendimento de grãos de trigo. **Food Science and Technology**, v. 25, n. 3 p. 412-418, 2005.

GUTKOSKI, L. C.; NETO, R. J. Procedimento para teste laboratorial de panificação: pão tipo forma. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p.873-879, 2002.

HERRADA, M. R.; LEANDRO, W. M.; FERREIRA, E. P. B. Leguminosas isoladas e consorciadas com milho em diferentes sistemas de manejo do solo no feijão orgânico. **Terra Latino Americana**, vol.35, n.4, p.293-299, 2017.

HIRAKURI, M. H.; DEBIASI, H.; PROCÓPIO, S. D. O.; FRANCHINI, J. C.; CASTRO, C. D. Sistemas de produção: conceitos e definições no contexto agrícola. Embrapa Soja- Documentos (INFOTECA-E), 24 p. 2012. Disponível em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/938807>> Acesso em 25 nov de 2022.

<https://www.adapar.pr.gov.br/Noticia/Parana-prorroga-prazo-para-o-plantio-da-soja>> Acesso em: 15 de junho de 2021.

HUBNER, O. **Análise da conjuntura agropecuária** safra 2010/11 – soja. Curitiba: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento-Departamento de Economia Rural, 2010.

INMET - Instituto Nacional De Meteorologia. Estações e Dados. Francisco Beltrão. Available at: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Access on: abril, 10, 2021.

IDR. Instituto de Desenvolvimento do Paraná – IAPAR-EMATER. Grãos. **Nota Técnica**. Cultivo do Trigo no Paraná para a safra de 2021: opção viável para áreas ociosas e regiões com impossibilidade da semeadura do milho segunda safra, 2021. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/Noticia/Nota-Tecnica-Cultivo-do-Trigo-no-Parana-para-safra-de-2021-opcao-viavel-para-areas-ociosas>. Acesso em 20 de dez, 2022.

JANDREY, D. et al. Cinco motivos para incluir milho na rotação de culturas visando a sustentabilidade da soja. **Agronegócio em foco**. 2018. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/blog/42/5-motivos-para-incluir-milho-na-rotacaode-culturas-visando-a-sustentabilidade-da-soja>>. Acesso em 05 de junho de 2021.

KRENCHINSKI, F. H. et al. Desempenho agrônômico da soja cultivada em sucessão a coberturas de inverno. **Pesquisa Agropecuária**, v. 53, n. 8, p. 909-917, ago. 2018.

KUNZ, C.; STURM, J. D.; VARNHOLT, F.; WALKER, R.; GERHARDS. Allelopathic effects and weed suppressive ability of cover crops. **Plant Soil Environmental**, v. 62, n. 2, p.60-66, 2016.

LAMEGO, F.P.; KASPARY, T. E.; RUCHEL, Q.; GALLON, M.; BASSO, C. J.; SANTI, A.

L. 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.

LANGHOLTZ, M.; DAVISON, B. H.; JAGER, H. I.; EATON L.; BASKARAN, L. M.; DAVIS, M.; BRANDT, C. C. Increased nitrogen use efficiency in crop production can provide economic and environmental benefits. **Science of The Total Environment**. v. 758, 2021.

LEAL, M. A. D. A.; MARINHO, J. G.; PEIXOTO, G. R. T.; ALMEIDA, D. L. Desempenho de crotalaria cultivada em diferentes épocas de semeadura e de corte. **Revista Ceres**, v.59, n. 3, p.386-391, 2012.

LINK, L. **Plantas de cobertura de verão: crescimento e acúmulo de nutrientes, épocas de dessecação e produtividade do trigo**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2020.

MAPA – Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento. VPB – Resumo do Valor Bruto de produção, 2021. Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/noticias/valor-da-producao-agropecuaria-esta-previsto-em-r-1-032-trilhao-nesteano>> Acesso em: 06 mai. 2021.

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. 2023.

MARCELO, A.V. et al. Crop sequences in no-tillage system: Effects on soil fertility and soybean, maize and rice yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.417-428, 2009.

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M.; ÂNGELO, J. A.; OKAWA, H. Sistema integrado de custos agropecuários-Custagri. **Informações econômicas-governo do estado de São Paulo instituto de economia agrícola**, v. 28, p. 7-28, 1998.

MATEUS, P. G.; SANTOS, N. C. B. Sistema plantio direto e a conservação dos recursos naturais. **Pesquisa e tecnologia apta regional**. v. 9, n. 2, jul 2012.

MELLO, D. A.; ESPERANCINI, M. S.T. Avaliação econômica do cultivo da soja em rotação e sucessão de culturas: resultados a partir de estudo de caso no município de Ourinhos/SP, na safra 2012/2013. **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 3, p. 280-288, 2015.

MELO, C. O.; SILVA, G. H.; ESPERANCINI, M. S. T. Análise econômica da produção de soja e de milho na safra de verão, no Estado do Paraná. **Revista de Política Agrícola**, v. 21, n.1, mai. 2012.

MICCOLIS, A., et al. Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais: como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza – ISPN/**Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal – ICRAF**, 2016.

Milho: **do plantio à colheita**. Ed. GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A.

G.Viçosa, MG: Editora UFV. p.207-223, 2015.

NAEEM, M.; SHABBIR, A.; AFTAB, T.; MASROOR, M.; KHAN, A. Lablab bean (*Lablab purpureus* L.)—An untapped resilient protein reservoir. **Neglected and Underutilized Crops**, v. 15, p. 391-411, 2023.

NETO, F.S.; CAMPOS, A.C. Plantas de cobertura antecedendo a cultura do trigo. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.16, n.4, out./dez., p.463-467, 2017.

NÓIA JÚNIOR, R.S.; SENTELHAS, P. C. Soybean-maize succession in Brazil: Impacts of sowing dates on climate variability, yields and economic profitability. **European Journal of Agronomy**, v. 103, p. 140-151, 2019.

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 (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

OLIGINI, K. F.; BATISTA, V. V.; ELISA SOUZA LEMES, E. S.; SILVA, É. J. S.; ADAMI, P. F. Sowing date and maturity groups on the economic feasibility of soybean-maize double summer crop system. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, n. 4, p. 1-11, 2021.

OLIVEIRA, A. C. B.; ROSA, A. P. S. A. Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Documentos 382, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120121/1/Indicacoes-Tecnicas_Embrapa-003.pdf>.

OLIVEIRA, A. P. S.; SOUSA, C. M.; FERREIRA, E. P. B. Performance of inoculated common bean in response to diferente cover crops and desiccation times. **Revista Caatinga**, v.30, p. 642-652, 2017.

OLIVEIRA, J.R. et al. Grass straw mulching to suppress emergence and early growth of weeds. **Planta daninha**, v.32, 2014.

OLIVEIRA, L. B. et al. Produtividade, composição química e características agronômicas de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2604-2610, 2010.

ORO, I. M.; BEUREN, I. M.; HEIN, N. Análise da relação entre a estrutura de capital e o lucro operacional nas diversas gerações de empresas familiares brasileiras. **Revista Contabilidade Vista & Revista**, v.2, n.1, p. 67-94, 2009.

PACHECO, L. P. et al. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43: 815-823, 2008.

PACHECO, L. P. et al. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46: 17- 25, 2011.

PADOVAN, M. P.; CARDOSO, I. M. Panorama da Situação dos Sistemas Agroflorestais no Brasil. In: **CBSAF**, 9. Ilhéus, Ba, 2013. Anais/Palestra. Ilhéus, Ba: Instituto Cabruca. 2013.

PENARIOL, A. SOJA: cultivares no lugar certo. *Informações Agronômicas*, Nº 90, 2000.

PETERSON, A.T.; BERTI, M. T.; SAMARAPPULI, D. Intersowing Cover Crops into Standing Soybean in the US Upper Midwest. *Agronomy*, v. 9, n. 5, p.1-14, mai. 2019.

PETTER, FA. et al. Desempenho de plantas de cobertura submetidas à déficit hídrico. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 1, n. 34, p. 3307-3319, 2013.

PINOTTI, E. B.; BICUDO, S. J.; FERREIRA, M. C.; MONTEIRO, Á. A. 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/milhosafrrinha2013/PDF/62.pdf>> Acesso em: jul, 2021.

PIRES, J.L.F.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. **Cultivo do trigo**. Passo Fundo, RS, Embrapa Trigo, 2ed., Sistemas de Produção 4, 2014. Disponível em: < https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_lifecycle=0&p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1galceportlet&p_p_col_count=1&p_p_col_id=column1&p_p_state=normal&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=3704&p_r_p_996514994_topicoId=3047&p_p_mode=view>. Acesso em: 02 set. 2022.

PORTO, A. P. F.; VIANA, A. E. S.; ALMEIDA, M. R. S. De. Variedades de milho a diferentes espaçamentos no Planalto de Vitória da Conquista-BA. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 6, n. 2, 2011.

QUEIROZ, L. R.; GALVÃO, J. C. C.; CRUZ, J. C.; OLIVEIRA, M. D.; TARDIN, F. D. Supressão de plantas daninhas e produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto. *Planta Daninha*, v. 28, n. 2, p. 263-270, jun. 2010.

RAIHER, A. P.; OLIVEIRA, R. A. D.; CARMO, A. S. S. D.; STEGE, A. L. Convergência da Produtividade Agropecuária do Sul do Brasil: uma análise espacial. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 54, p. 517-536, 2016.

REDIN, M., et al. Root and shoot contribution to carbon and nitrogen inputs in the topsoil layer in no-tillage crop systems under subtropical conditions. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.42, p. 1-16, 2018.

REIS, E.M.; BARUFFI, D.; REMOR, L; ZANATTA, M. Decomposition of corn and soybean residues under field conditions and their role as inoculum source. *Summa Phytopathologica*, v. 37, n. 1, p. 65-67, 2011.

RIBEIRO, T. B.; LIMA, W.; RIBEIRO, F.; BUSO, W. H. D. Características forrageiras de algumas gramíneas do gênero *Brachiaria* - revisão de literatura. *NutriTime*, 13: 4773-4780, 2016

ROSCOE, R.; MIRANDA, R. A. S. Manejo da adubação do milho safrinha. 2019. Disponível em: <https://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/184/184/newarchive-184.pdf>. Acesso em 27 abr. 2021.

ROSSETTI, K.V; CENTURION, J.F. Ensaio de compactação em Latossolo cultivado com

milho sob diferentes períodos de adoção de tipos de manejo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.10, p. 499-505, 2015.

SABATO, E. de O. Enfezamentos e viroses no milho. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, Cuiabá. Construindo sistemas de produção sustentáveis e rentáveis: livro de palestras. Sete Lagoas: **Associação Brasileira de Milho e Sorgo**, cap. 7, p. 196-219, 2017.

SANTOS, A. L. F. dos.; MECCHI, I. A.; RIBEIRO, L. M.; CECCON, G. 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.

SCHNEIDER, R. J. **Viabilidade do sistema de cultivo intercalar trigo-soja e milho em sucessão**. 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021.

SEAB. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento: Paraná - comparativo de área, produção e rendimento de culturas selecionadas - safras 18/19 - 19/20 - 20/21, 2021. Disponível em: <<https://www.agricultura.pr.gov.br/deral/safras>>. Acesso em: 18 jun. 2022.

SEIBERT, R. M.; SALLA, N.; RUSCH, T. F. M. C.; RUSCH, J. Estudo de viabilidade econômico-financeira para implantação de uma estufa hidropônica em uma propriedade rural no interior de Santo Ângelo-RS. **Research Gate**, v. 2, n. 3, p. 1-19, 2014.

SEIFERT, N.F.; THIAGO, L.R.L.S. **Legumineira: cultura forrageira para produção de proteína**. Campo Grande: EMBRAPA, 1983. 52p. (Circular Técnica 13).

SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; IMHOFF, S. Intervalo hídrico ótimo. In: MORAES, M. H. et al. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5: p.75-88, 2006.

SILVA, K. D.; ROCHA, L. G.; SILVA, A. C.; ARAÚJO, M. S.; PEREIRA, V. L. G.; SOUZA, C. J. Economic feasibility study of soybean and corn crops second harvest, **Revista Agrotecnologia**, v. 10, n. 2, p. 36-46, 2019.

SILVA, R. A.; NUNES, N. A.; SANTOS, T. F. S.; IWANO, F. K. Efeito da rotação e sucessão de culturas no manejo de nematoides da soja em área arenosa. **Revista Nematropica**, v. 48, n. 2, 2018.

SILVA, M. de O.; et al. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 6853-6875, 2021.

SIMIONI, T.A.; GOMES, F.J.; TEIXEIRA, U.H.G.; FERNANDES, G.A.; BOTINI, L.A.; MOUSQUER, C.J.; CASTRO, W.J.R.; HOFFMANN, A. Potencialidade da consorciação de gramíneas e leguminosas forrageiras em pastagens tropicais. **PUBVET**, v. 8, n. 13, p. 1551-1697, 2014.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. de. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília: Embrapa DF, 39: 227-337, 2004.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. H. M. da.; NETO, J. F.; CASTRO, G. S. A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1462-1470, 2012.

SOUZA, P. C. Potencial de espécies forrageiras na recuperação de áreas arenizadas. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFAR, RS) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA, RS), 2017.

STEILMANN, Aline Roberto. Influência dos sistemas de rotação e sucessão de culturas sobre a supressão de plantas daninhas. 2022. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2022.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L. D.; SILVA, D. M. N. D.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 635-640, 2011.

THOMAS, É. M. **Plantas de cobertura de verão em cultivo solteiro no fornecimento de nitrogênio para o milho safrinha**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia), Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2018.

TIMOSSI, P. C.; TEIXEIRA, I. R.; CAVA, M. G. B.; GOULARTE, G. D.; NASCIMENTO, M. V. R. Produção de sementes de *Crotalaria juncea* em diferentes épocas de semeadura no sudeste goiano. **Global Science and Technology**, v.7, n. 3, p.58-66, 2014.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p.421-428, 2008.

TREZZI, M. M.; BALBINOT, J. R. A. A; BENIN, G.; DEBASTIANI, F.; PATEL, F.; MIOTTO, JR, E. Competitive ability of soybean cultivars with horseweed (*Conyza bonariensis*). **Planta daninha**, v. 31, n. 3, p. 543-550, 2013.

TRIPATHI, A. M. et al. The evaluation of radiation use efficiency and leaf area index development for the estimation of biomass accumulation in short rotation poplar and annual field crops. **Forests**, v. 9, n. 168, p. 1–16, 2018.

VAN WESTERING, M. R.; BORSZOWSKI, P. R.; DE CARVALHO, F. C. Influência da adubação verde nos componentes de produtividade da cultura do milho. **Revista Scientia Rural**, v.1, p.125-135, 2021.

VENKATESH M. S.; et al. Efeito de longo prazo da rotação de culturas e gerenciamento de nutrientes no solo e na ciclagem de nutrientes para plantas budgeting in Indo-Gangetic planains of India, **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 63, n.14, p. 2007-2022, 2017.

VIEIRA, C. P. Sistemas de manejo do solo, culturas de cobertura e rotação de culturas: resposta para soja e milho. 2009.

VOLSI, B.; BORDIN, I.; HIGASHI, G. E.; Telles, T. S. Economic profitability of crop rotation systems in the Caiuá sandstone area. **Ciência Rural**, v. 50, n. 2, 2021.

VUICIK, E.; BORSOI, A.; FRONK, B. A.; MONARI, B. R.; DE MORAIS CUSIN, D. P. Plantas de cobertura na entressafra das culturas da soja e trigo. **Revista Cultivando o Saber**, v. 11, n. 3, p. 44-51, 2018.

WANG, J.; MAO, H.; ZHAO, H.; HUANG, D.; WANG, Z. Different increases in maize and wheat grain zinc concentrations caused by soil and foliar applications of zinc in Loess Plateau, China. **Field Crops Res**, v.1, n.35, p.89-96, 2012.

WUTKE, E. B.; et al. Bancos Comunitários de Sementes. **Adubos Verdes**. Informações Técnicas. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Brasília, dezembro 2007.

YANG, H.; GRASSINI, P.; CASSMAN, K. G.; AIKEN, R. M.; COYNE, P. I. Improvements to the Hybrid-Maize model for simulating maize yields in harsh rainfed environments. **Field crops research**, Amsterdam, v. 204, p 180-190, 2017.

ZAGO, C. A.; WEISE, A. D.; HORNBURG, R. A. A importância do estudo de viabilidade econômica de projetos nas organizações contemporâneas. In: Congresso Virtual Brasileiro de Administração – **CONVIBRA**. V. 06, 2009. Disponível em: <http://www.convibra.org/2009/artigos/142_0.pdf>. Acesso em: 14 de junho de 2021.

ZANELLA, T. P.; LEISMANN, E. L. Abordagem da sustentabilidade nas cadeias de commodities do agronegócio brasileiro a partir de sites governamentais. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 7, n. 2, p. 6-19, 2017.

ZIECH, A. R. D.; et al. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hiberna na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 374-382, 2015.

ZWIRTES, A. L.; et al. Temperature changes in soil covered by black oat Straw. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 11, p.1127-1130, nov. 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Práticas culturais detalhadas para os 4 modelos de produção agrícola ao longo de três anos safras (2018/19; 2019/2020 e 2020/21).

Tabela práticas culturais SISTEMA 1			
Item	Milho 1º safra		
	Safra	Data	Aplicação detalhada
Dessecação pré-plantio	2018/19	02/08/18	Dessecante: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹ Dessecante: Verdict (Haloxifope-P-metilico 540 g/l) Dose: 300 ml p.c ha ⁻¹ +2,4D (Dose 1 L ha ⁻¹)
	2019/20	07/08/19	
	2020/21	17/08/20	
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19	30/08/18	Semeadura Milho Pioneer 30F53VYHR. 70 mil sementes ha ⁻¹ 350 kg ha ⁻¹ formulado NPK 05-20-10
	2019/20	30/08/19	
	2020/21	27/08/20	Semeadura Milho P3016 (3,6 sementes/m/linear) 300 kg /ha formulado NPK 04-30-10.
Inseticidas/ Herbicidas/ Fungicidas	2018/19	10/09/18	Inseticida Connect (Imidacloprido e Beta-ciflutrina) Dose: 700 ml p.c ha ⁻¹
		15/09/18	Herbicida: Atrazina Nortox (Atrazina). Dose 5 L p.c ha ⁻¹ + Herbicida : Accent (Nicosulfuron) Dose:350 e 300 ml p.c ha ⁻¹
	2019/20	26/09/19	Herbicida: Atrazina Nortox (Atrazina). Dose 5 L p.c ha ⁻¹ + Herbicida : Accent (Nicosulfuron) Dose: 300 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
		17/10/19	Fungicida: Nativo (Trifloxistrobina; Tebuconazol) 0,5 L p.c ha ⁻¹ + Priori xtra (Azoxistrobina 200g/L Ciproconazol 80 g/L) 150 ml p.c ha ⁻¹
	2020/21	31/08/20	Herbicida: Glifosato na área toda (1200 g i. a ha ⁻¹)
		09/09/20	Inseticida: Expedition (300 ml ha ⁻¹) (20 dias sem chuva)
		30/09/20	Herbicida+inseticida: atrazina (4 litros ha) + glifosato (1 kg de Cruciol ha) + 150 ml de mustang ha. Muitas parcelas tinham brachiaria que manifestou rebrota.

Adubação Nitrogenada/Potassada	2018/19	30/08	60 kg ha ⁻¹ de potássio
		20/09	90 kg ha ⁻¹ de N (4 sacas ureia)
		04/10	90 kg ha ⁻¹ de N (4 sacas ureia)
	2019/20	30/08	60 kg ha ⁻¹ de potássio
		02/10	90 kg ha ⁻¹ de N (4 sacas ureia)
		21/10	90 kg ha ⁻¹ de N (4 sacas ureia)
2020/21	04/09/20	60 kg ha ⁻¹ de potássio	
	17/09/20	90 kg ha ⁻¹ de N (4 sacas ureia)	
	05/10/20	90 kg ha ⁻¹ de N (4 sacas ureia)	
Dessecação	-	-	Não houve
Colheita	2018/19	01/02	Produtividade média a 13% de umidade 13484 kg ha ⁻¹
	2019/20	23/01	Produtividade média a 13% de umidade. Houve muita pressão de cigarrinha e problemas de enfezamento, o que resultou em acamamento das plantas de milho. Por isso, foi colhido com 27% de umidade, alguns dias antes do normal
	2020/21	03/02/21	Teor de umidade médio 25%. Foi colhido com um pouco a mais de umidade devido o risco de acamamento por presença de cigarrinha.
Avaliação de Solo	2018/19	27/08/20	Amostragem do solo para análise química inicial.
	2020/21	30/09/20	Amostragem do solo para análise química
Plantas daninhas	2020/21	04/02/21	Avaliação das plantas daninhas
Item	Soja 2º safra		
Dessecação pré-plantio	2018/19	01/02	Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L). Dose: 3 L p.c ha ⁻¹ Se repete para os três anos
	2019/20	24/01	
	2020/21	03/02	
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19	01/02	TMG 7062. 300 mil plantas ha ⁻¹ 300 kg do formulado NPK 05-20-10
	2019/20	24/01	TMG 7062. 315 mil plantas ha ⁻¹ 300 kg do formulado NPK 05-20-10
	2020/21	08/02	TMG 7062. 300 mil plantas ha ⁻¹ 160 kg do formulado NPK 04-30-10
Inseticidas/ Herbicidas/ Fungicidas	2018/19	12/02	Herbicida: Fusiflex (Fluazifope-p-butil 125 g/L + Fomesafem 125 g/L) Dose: 1,5 L p.c ha ⁻¹
		25/02	Herbicida: Fusiflex (Fluazifope-p-butil 125 g/L + Fomesafem 125 g/L) Dose: 1,5 L p.c ha ⁻¹ + Inseticida: Turbo (Beta-ciflutrina 50 g/L) Dose: 200 ml p.c ha ⁻¹

		26/03	Fungicida: Mancozeb sabero (mancozeb 800g/l) Dose: 2 kg p.c ha ⁻¹ ; Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
		12/04	Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
		29/04	Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
		14/02	Herbicida: Verdict max (Haloxifope-P-metilico 540 g/l) Dose: 300 ml p.c ha ⁻¹
	2019/20	17/02	Herbicida: Glifosato Dose: 2,5 L p.c ha ⁻¹
		25/03	Fungicida: Lannate (Metomil 215 g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹
		16/04	Fungicida: Lannate (Metomil 215 g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹
	2020/21	20/02	Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L). Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
		10/03	Aplicação de fungicida + inseticida (Fungicida: Fox XPRO(Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l + Bixafem 125g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ + Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
		26/03	Aplicação do fungicida Elatus (300 g ha) + Inseticida Expedition (Lambda Cialotrina 150 g/L + Sulfoxaflo 100 g/L) na dose de 0,3 l ha.
		10/04	Aplicação do fungicida Versatilis (Fenpropimorfe 750g/L) para manejo de Oídio e ferrugem. Condição de clima muito seco e em função disso, encerrou-se as aplicações.

Adubação Nitrogenada/Potassada			Não houve
Dessecação			Não houve
Colheita	2018/19	27/06	
	2019/20	25/05	
	2020/21	17/05	Período de março a abril teve uma estiagem muito grande. Houve uma chuva de 17 mm dia 12/03/21 e outra de 8 mm dia 25/03/21. No mês de abril não ocorreu precipitação. Isso adiantou um pouco o ciclo da soja.
Item	Feijão 2ºsafra		
Dessecação pré-plantio	2018/19	01/02	Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L). Dose: 3 L p.c ha ⁻¹ Foi igual nos três anos
	2019/20	24/01	
	2020/21	03/02	
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19	01/02	ANFC110. 290 mil plantas ha ⁻¹ 300 kg do formulado NPK 05-20-10
	2019/20	24/01	ANFC110. 290 mil plantas ha ⁻¹ 300 kg do formulado NPK 05-20-10
	2020/21	08/02	Triunfo. 250 mil plantas ha ⁻¹ 160 kg do formulado NPK 04-30-10
Inseticidas/ Herbicidas/ Fungicidas	2018/19	12/02	Herbicida: Fusiflex (Fluazifope-p-butyl 125 g/L + Fomesafem 125 g/L) Dose: 1,5 L p.c ha ⁻¹
		25/02	Herbicida: Fusiflex (Fluazifope-p-butyl 125 g/L + Fomesafem 125 g/L) Dose: 1,5 L p.c ha ⁻¹ Inseticida: Turbo (Beta-ciflutrina 50 g/L) Dose: 200 ml p.c ha ⁻¹
		26/03	Fungicida: Mancozeb sabero (mancozeb 800g/l) Dose: 2 kg p.c ha ⁻¹ Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protioconazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ . Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
		12/04	Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protioconazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ . Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
		14/02	Herbicida: Verdict max (Haloxifope-P-metílico 540 g/l) Dose: 300 ml p.c ha ⁻¹

	2019/20	17/02	Inseticida: Acefato (970 g/kg) Dose: 1 kg p.c ha ⁻¹ Herbicida: Fusiflex (Fluazifope-p-butil 125 g/L + Fomesafem 125 g/L) Dose: 1,0 L p.c ha ⁻¹
		25/03	Fungicida: Lannate (Metomil 215 g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹
		19/02	Herbicida: Fusiflex (Fluazifope-p-butil 125 g/L + Fomesafem 125 g/L) Dose: 1,0 L p.c ha ⁻¹ + Mustag 350 EC (Zeta-cipermetrina 350 g/L) 150 ml ha
	2020/21	26/02	Herbicida: Poquer (Cletodim 240 g/L) na dose de 0,45 L ha para controle de milho guaxo
		09/03	Fungicida: Mancozeb (mancozeb 800g/l) Dose: 2 kg p.c ha ⁻¹ Fungicida: Fox xpro (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ . Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹
Adubação Nitrogenada/Potassada	2018/19	20/02	60 kg ha ⁻¹ de N
	2019/20	18/02	60 kg ha ⁻¹ de N
	2020/21	23/02	60 kg ha ⁻¹ de N na forma de uréia
Dessecação	2018/19	29/04	Dessecante: Reglone (Dibrometo de diquate 200 g/L) Dose: 2 L p.c ha ⁻¹
	2019/20	16/04	Dessecante: Patrol (Glufosinato- Sal de amônio 200 g/l) Dose: 2 p.c ha ⁻¹
	2020/21	06/05	Dessecante: Reglone (Dibrometo de diquate 200 g/L) Dose: 2 L p.c ha ⁻¹
Colheita	2018/19	06/05	Colheita
	2019/20	27/04	Colheita
	2020/21	19/05	Muito abortamento de vagens devido a seca.
Item			Plantas de Cobertura 2º safra
Dessecação pré - plantio	2018/19	01/02	
	2019/20	24/01	Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L). Dose: 3 L p.c ha ⁻¹ Repete nos três anos
	2020/21	02/03	
Variedade/ Densidade	2018/19	02/01	Lab lab (35 kg ha ⁻¹); Crotalaria (20 kg ha ⁻¹) ; Milheto (20 kg ha ⁻¹); Urochloa (12 kg ha ⁻¹). 300 kg do formulado NPK 05-20-10

de semeadura/adubação de base	2019/20	27/01	Lab lab (35 kg ha ⁻¹); Crotalaria (20 kg ha ⁻¹); Milheto (20 kg ha ⁻¹); Brachiaria (12 kg ha ⁻¹); MIX (Milheto (12 kg) + Crotalaria (6 kg) + Brachiaria (4 kg)) 300 kg do formulado NPK 05-25-10
	2020/21	09/02	□1, 4, 7, 11 e 4 mm de abertura da semente para semear Brachiaria, milheto, crotalaria e lab-lab e mix respectivamente na regulagem para 3,5 sementes de milho por hectare. Na Safrinha 2021 foi utilizado 3,5mm (15kg ha ⁻¹) da crotalaria Ochoroleuca 160 kg há do formulado NPK 04-30-10 (2021)
Colheita	2018/19	28/03 12/04 29/04	Avaliação de Biomassa nas idades de corte das plantas de cobertura: 54; 69 e 86 Dias após a semeadura (DAS).
	2019/20	09/03 06/04 25/05	Avaliação de Biomassa nas idades de corte das plantas de cobertura: 43; 71 e 120 Dias após a semeadura (DAS).
	2020/21	29/04	Avaliação de biomassa das plantas de cobertura de todos os talhões. Materiais sofreram com a seca no mês de abril. Todos já estavam em fase de florescimento.
	2020/21	08/05	Semeadura das plantas de cobertura sobre as subparcelas com plantas de cobertura. Nos talhões 1,5 e 11 foi semeado um consórcio (Aveia + Nabo forrageiro 40 kg/ha ⁻¹ (30 kg aveia + 10 kg nabo) . Nos demais talhões, foi semeado aveia (60 kg ha)
	2021	19/05/21	Semeadura sobre as áreas de feijão e soja. Foi utilizado a mesma taxa de semeadura e espécies respectivamente para cada talhão.
Item			Entressafra
Dessecação pré plantio	2018/19	29/04 06/05 27/05	Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
	2019/20		A área não foi dessecada.
	2020/21		Reglone 2 l p.c ha ⁻¹
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19	29/04 06/05 27/05	Aveia + Nabo forrageiro - 40 kg ha ⁻¹ (30 kg aveia + 10 kg nabo). Misturado na caixa da semeadora
	2019/20	27/04 25/05	Aveia + Nabo forrageiro 40 kg/ha ⁻¹ (30 kg aveia + 10 kg nabo)
	2020/21	08/05	Aveia + Nabo forrageiro 40 kg/ha ⁻¹ (30 kg aveia + 10 kg nabo)

		19/05	Não houve
Inseticidas/ Herbicidas/ Fungicidas	2018/19	02/08	Avaliação de biomassa aveia+nabo
Colheita	2019/20	18/08	Avaliação das plantas de cobertura.
	2020/21	01/08/21	Avaliação das plantas de cobertura.
Tabela práticas culturais SISTEMA 2			
Item	Soja 1º safra		
	Safra	Data	Aplicação detalhada
Dessecação pré - plantio	2018/19	05/09	Dessecante: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
	2019/20	02/09	
	2020/21	08/09	
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19	21/09	Nidera 5445IPRO 300 mil plantas ha ⁻¹ - 350 kg ha ⁻¹ formulado NPK 05-20-10
	2019/20	13/09	P 95R90 IPRO 377 mil plantas ha ⁻¹ - 350 kg ha ⁻¹ formulado NPK 05-20-10
	2020/21		P95R51 331 mil plantas ha ⁻¹ 300 kg ha ⁻¹ formulado NPK 04-30-10. * Estava um pouco úmido e teve problema de embuchamento.
		29/09	
Inseticidas/ Herbicidas/ Fungicidas	2018/19	11/10	Herbicida: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
		13/11	Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹
		03/12	Fungicida: Mancozeb sabero (mancozeb 800g/l) Dose: 2 kg p.c ha ⁻¹
			Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Engeo Pleno (Tiametoxam 141 g/l + Lambda-Cialotrina 106 g/l) Dose: 300 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹
			Inseticida: Engeo Pleno (Tiametoxam 141 g/l + Lambda-Cialotrina 106 g/l) Dose: 300 ml p.c ha ⁻¹

		26/12	Fungicida: Elatus (Azoxistrobina 300 g/kg+ Benzovindiflupir 150 g/kg) Dose:0,2 kg p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹
2019/20	28/10		Herbicida: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹ Herbicida: Cletodim (240 g/L) Dose: 0,5 L p.c ha ⁻¹ Inseticida: Cipermetrina (250 g/L) Dose: 100 ml p.c ha ⁻¹
	01/12		Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
	19/12		Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Fungicida: Mancozeb (mancozeb 800g/l) Dose: 2 kg p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
	02/01		Fungicida: Elatus (Azoxistrobina 300 g/kg + Benzovindiflupir 150 g/kg) Dose: 300 g p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 350 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹
2020/21	15/09		Herbicida: Roundup WG 720 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 1,5 kg p.c ha ⁻¹
	22/10		Herbicida: Roundup WG 720 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 1,5 kg p.c ha ⁻¹
	08/12		Fungicida (Approach 350 ml ha + Mancozeb 2,0 kg ha) Inseticida Expedition – 300 ml ha.
	22/12		Fungicida Fox (400 ml ha) Inseticida Expedition – 300 ml ha.
	15/01		Aplicação Versatilis
2018/19	13/09		60 kg ha ⁻¹ de K ₂ O via KCl em cobertura

Adubação Potassada	2019/20	21/09	60 kg ha ⁻¹ de K ₂ O via Kcl em cobertura
	2020/21	29/09	60 kg ha ⁻¹ de K ₂ O via Kcl em cobertura
Dessecação	2018/19	24/01	Reglone (Dibrometo de diquate 200 g/L) Dose: 2 L p.c ha ⁻¹
	2019/20	14/01	Gramoxone (Paraquate 200 g/L) Dose: 2 L p.c ha ⁻¹
	2020/21	02/02	Gramoxone (Paraquate 200 g/L) Dose: 2 L p.c ha ⁻¹
Colheita	2018/19	30/01	Colheita
	2019/20	23/01	Colheita
	2020/21	08/02	Colheita
Item	Milho 2º safra		
Dessecação pré-plantio	2018/19		
	2019/20		Não houve aplicação, pois foi realizado a dessecação pré-colheita da soja
	2020/21		
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19	01/02	Pioneer P3380 HR 60 mil plantas ha ⁻¹ 300 kg ha formulado NPK 05-20-10
	2019/20	24/01	P3754 PWU 55 mil plantas ha ⁻¹ 300 kg ha ⁻¹ formulado NPK 05-20-10
	2020/21	09/02	Grão: P3282 VYH 2,8 sementes m/L 160 kg ha formulado NPK 04-30-10
Inseticidas/ Herbicidas/ Fungicidas	2018/19	15/02	Herbicida: Atrazina Nortox (Atrazina). Dose 5 L p.c ha ⁻¹ Inseticida: Certero (Triflumurom 480 g/l) Dose:100 ml p.c ha ⁻¹
	2019/20	05/02	Herbicida: Atrazina Nortox (Atrazina). Dose 5 L p.c ha ⁻¹ Inseticida: Acefato (Acefato 750 g/kg) Dose:1 kg p.c ha ⁻¹
		25/03	Inseticida: Lannate (Metomil 215 g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
	2020/21	15/02	Herbicida: Atrazina Nortox (Atrazina). Dose 5 L p.c ha ⁻¹ + Expedition (Lambda Cialotrina 150 g/L + Sulfoxaflor 100 g/L)
		22/02	Inseticida: Acefato (Acefato 750 g/kg) - Dose:1 kg p.c ha ⁻¹ Para controle de cigarrinha
		27/02	Inseticida: Lannate (Metomil 215 g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹

Adução Nitrogênio	2018/19 2019/20 2020/21	18/02 18/02 22/02	100 kg ha ⁻¹ de N foi a dose padrão para milho segunda safra. Utilizando uréia como fonte de N
Dessecação	-	-	-
Colheita	2018/19 2019/20 2020/21	20/06 15/07/20 21/07/21	Colheita, bastante problemas de acamamento devido presença de cigarrinha. As parcelas foram colhidas de forma manual. Milho teve uma boa emergência, mas a fase pós pendoamento sofreu bastante com a estiagem. No mês de março houve 17 mm entre os dias 12 e 15 e 8 mm no dia 25/03...mês de abril não choveu e voltou a chover no início de maio.
Manejo de buva nas parcelas pós colheita de milho safrinha	2021/22 2021/22	28/07/21 14/08/21	Aplicação do herbicida Aminol (806 g i.a de 2,4-D) na dose de 1,5 litros por hectare apenas nas parcelas que tinha milho safrinha Aplicação do herbicida Aminol (806 g i.a de 2,4-D) na dose de 1,5 litros por hectare apenas nas parcelas que tinha milho safrinha
Item	Feijão 2º safra		
Dessecação pré plantio	-	2018/19 2019/20	Não houve aplicação, pois foi realizado a dessecação pré-colheita da soja
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base		2018/19 2019/20 2020/21	01/02 24/01 08/02
			ANFC110. 290 mil plantas ha ⁻¹ 300 kg do formulado NPK 05-20-10 ANFC110. 290 mil plantas ha ⁻¹ 300 kg do formulado NPK 05-20-10 Cultivar Triunfo. 250 mil plantas ha ⁻¹ 160 kg do formulado NPK 04-30-10
Inseticidas/ Herbicidas/ Fungicidas		2018/19	12/02 13/03 12/04
			Herbicida: Fusiflex (Fluazifope-p-butyl 125 g/L + Fomesafem 125 g/L) Dose: 1,5 L p.c ha ⁻¹ Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹

			Herbicida: Gladium (Etoxissulfurom 600g/kg) Dose: 40 g p.c ha ⁻¹
	2019/20	11/02/20	Herbicida: Verdict max (Haloxifope-P-metílico 540 g/l) Dose: 290 ml p.c ha ⁻¹
		02/03	Inseticida: Lannate (Metomil 215 g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
		25/03	
	2020/21	17/02	Aplicação de Mustang para controle de vaquinha
		22/02	Aplicação de Flex + gladium para controle de plantas daninhas
		05/03/21	Aplicação de fox + produto a base de cobre. Não foi aplicado inseticida porque não havia pragas. O ano foi muito seco e não houve pressão de doença. Por outro lado, houve muito abortamento de vagens e a produtividade ficou abaixo do esperado
Adubação Nitrogenada/Potassada	2018/19	18/02	60 kg ha ⁻¹ de N na forma de uréia
	2019/20	18/02	60 kg ha ⁻¹ de N na forma de uréia
	2020/21	25/02	Aplicação de 60 kg ha ⁻¹ de N na forma de uréia
Dessecação	2018/19	29/04	Dessecante pré colheita Gramoxone (Paraquate 200 g/L) Dose: 2 L p.c ha ⁻¹
	2019/20	16/04	Dessecante pré colheita Gramoxone (Paraquate 200 g/L) Dose: 2 L p.c ha ⁻¹
	2020/21	25/04/21	Reglone 2 l p.c. ha ⁻¹
Colheita	2018/19	06/05	Colheita
	2019/20	27/04	Colheita
	2020/21	10/05	* Mesmo com a seca, abortamento de vagens e grãos, a produtividade foi surpreendente.
Item			Plantas de cobertura 2º safra
Dessecação pré - plantio	2018/19 2019/20 2020/21		Não houve aplicação, pois foi realizado a dessecação pré-colheita da soja
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19	02/02	Lab lab (35 kg ha ⁻¹); Crotalária (20 kg ha ⁻¹) ; Milheto (20 kg ha ⁻¹); Urochloa (12 kg ha ⁻¹); 300 kg do formulado NPK 05-20-10

Colheita	2019/20	27/01/20	Lab lab (35 kg ha ⁻¹); Crotalaria (20 kg ha ⁻¹) ; Milheto (20 kg ha ⁻¹); Urochloa (12 kg ha ⁻¹); MIX (Milheto (12 kg) + Crotalaria (6 kg) + Urochloa (4 kg)) 300 kg do formulado NPK 05-25-10
	2020/21	09/02/21	Lab lab (35 kg ha ⁻¹); Crotalaria (20 kg ha ⁻¹) ; Milheto (20 kg ha ⁻¹); Urochloa (12 kg ha ⁻¹); MIX (Milheto (12 kg) + Crotalaria (6 kg) + Brachiaria (4 kg)) . 160 kg do formulado NPK 05-20-10 1 , 4, 7, 11 e 4 mm de abertura da semente para semear Urochloa, milheto, crotalaria e lab-lab e mix respectivamente na regulagem para 3,5 sementes de milho por hectare. Safrinha 2021 foi usado crotalaria Ochroleuca (100% pureza) Adubo 160 kg ha ⁻¹ NPK 04-30-10
	2018/19	28/03 12/04 29/04	Avaliação de Biomassa nas idades de corte das plantas de cobertura: 54; 69 e 86 Dias após a semeadura (DAS).
	2019/20	09/03 06/04 25/05	Avaliação de Biomassa nas idades de corte das plantas de cobertura: 54, 69 e 86 dias após a semeadura (DAS).
	2020/21	29/04	Avaliação biomassa de todas as parcelas de plantas de cobertura
Item			Entressafra
Dessecação pré - semeadura	2018/19	29/04 06/05 20/06	Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
	2019/20	27/04 25/05 15/07	Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
	2020/21	05/05/21	Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19	29/04 06/05 20/06	IAPAR 61 - 50 kg ha ⁻¹
	2019/20	27/04 25/05 15/07	APAR 61 - 50 kg ha ⁻¹
	2020/21	08/05	Aveia Iapar 61 (50 kg ha) sobre as plantas de cobertura de verão

Inseticidas/ Herbicidas/ Fungicidas	2018/19 2019/20 2020/21	19/05	Aveia Iapar 61 (50 kg ha) sobre feijão Aveia Iapar 61 (50 kg ha) sobre de milho. Aveia Iapar 61 (50 kg ha) sobre as parcelas de milho.
		21/07	Herbicida: Ally (Metsulfurom-metilico 600 g/kg) Dose: 6 g p.c ha ⁻¹
		17/07	Herbicida: Ally (Metsulfurom-metilico 600 g/kg) Dose: 6 g p.c ha ⁻¹
		15/06	Herbicida: Ally (Metsulfurom-metilico 600 g/kg) Dose: 7 g p.c ha ⁻¹
		08/06	Herbicida 2,4-D - Aminol 0,6 Lts ha.
Colheita	2018/19 2019/20 2020/21	16/06	Avaliação da biomassa
		02/08	
		14/09	
Dessecação	2019/20 2020/21	23/08	Não houve

Tabela práticas culturais **SISTEMA 3**

Item		Feijão/Milho/Soja 1° safra		
	Safra	Data	Aplicação detalhada	
Dessecação pré - semeadura	2018/19	02/09	Dessecante: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹	
	2019/20	07/08		
	2020/21	17/08		
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19	26/09	ANFC09 253 mil plantas ha ⁻¹ 350 kg ha ⁻¹ formulado NPK 05-20-10	
	2019/20	30/08	P30F53 70 mil plantas ha ⁻¹ 350 kg ha ⁻¹ formulado NPK 05-20-10	
	2020/21	29/09	Soja P95R51 331 mil plantas ha ⁻¹ 300 kg do fertilizante 04-30-10	

Inseticidas/ Fungicidas	Herbicidas/	2018/19	11/10	Herbicida: Basagran (Bentazona 600g/L) Dose: 1,2 L p.c ha ⁻¹ Herbicida: Flex (Fomesafem 250 g/L) Dose: 1 L p.c ha ⁻¹ Inseticida: Turbo (Beta-ciflutrina 50 g/L) Dose:200 ml p.c ha ⁻¹
			05/11	Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protioconazol 175g/l) Dose:400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose:500 ml p.c ha ⁻¹ Fungicida: Difere (Equivalente em cobre metálico 350 g/L+ Oxicloreto de cobre 588 g/L) Dose: 2 L p.c ha ⁻¹
			03/12	Fungicida : Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protioconazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Fungicida : Mancozeb sabero (mancozeb 800g/l) Dose: 2 kg p.c ha ⁻¹ Inseticida: Engeo Pleno (Tiametoxam 141 g/l + Lambda-Cialotrina 106 g/l) Dose: 300 ml p.c ha ⁻¹
		2019/20	15/09	Herbicida: Atrazina Nortox (Atrazina). Dose 5 L p.c ha ⁻¹ + Herbicida : Accent (Nicosulfuron) Dose: 300 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
			17/10	Fungicida: Nativo (Trifloxistrobina; Tebuconazol) 0,5 L p.c ha ⁻¹ + Priori xtra (Azoxistrobina 200g/L Ciproconazol 80 g/L) Dose: 150 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹
		2020/21	22/10	Herbicida: Roundup WG 720 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 1,5 kg p.c ha ⁻¹
			08/12	Fungicida (Aproach 350 ml ha + Mancozeb 2,0 kg ha) Inseticida Expedition – 300 ml ha.
			22/12	Fungicida Fox XPRO (500 ml ha) Inseticida Expedition – 300 ml ha.
			15/01	Aplicação Versatilis (600 ml ha).
		Adubação Nitrogenada/Potassada	2018/19	26/09
20/10	60 kg ha ⁻¹ de nitrogênio			
2019/20	07/10		60 kg ha ⁻¹ de potássio	
	02/10		90 kg ha ⁻¹ de nitrogênio	
	21/10		90 kg ha ⁻¹ de nitrogênio	
2020/21		60 kg ha ⁻¹ de potássio		

Dessecação	2018/19	26/12	Dessecante: Reglone (Dibrometo de diquate 200 g/L) Dose: 2 L p.c ha
	2019/20	-	Não teve - era milho
	2020/21	02/02	Reglone. Dose: 2 L p.c ha ⁻¹
Colheita	2018/19	02/01	colheita
	2019/20	23/01	Colheita
	2020/21	08/02	Colheita
Item	Soja 2º safra		
Dessecação pré - plantio	2018/19	-	Não houve aplicação, pois foi realizado a dessecação pré-colheita do feijão
	2019/20	24/01	Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
	2020/21	-	Não houve aplicação, pois foi realizado a dessecação pré-colheita do feijão
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19	03/01	TMG 7062. 350 mil plantas ha ⁻¹ 300 kg ha ⁻¹ formulado NPK 05-20-10
	2019/20	24/01	TMG 7062. 350 mil plantas ha ⁻¹ 300 kg ha ⁻¹ formulado NPK 05-20-10
	2020/21	08/02/21	TMG 7062. 350 mil plantas ha ⁻¹ 300 kg ha ⁻¹ formulado NPK 05-20-10
Inseticidas/ Herbicidas/ Fungicidas	2018/19	22/01	Herbicida: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3,5 L p.c ha ⁻¹
		22/02	Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l) Dose:400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose:500 ml p.c ha ⁻¹ Herbicida: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹ Inseticida: Engeo Pleno (Tiametoxam 141 g/l + Lambda-Cialotrina 106 g/l) Dose: 300 ml p.c ha ⁻¹
		13/03	Fungicida : Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol

				175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Fungicida : Mancozeb sabero (mancozeb 800g/l) Dose: 2 kg p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
		26/03		Fungicida : Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protioconazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Fungicida : Mancozeb sabero (mancozeb 800g/l) Dose: 2 kg p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
	2019/20	14/02		Herbicida: Verdict max (Haloxifope-P-metilico 540 g/L) Dose: 290 ml p.c ha ⁻¹
		17/02		Herbicida: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3,5 L p.c ha ⁻¹
		25/03		Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protioconazol 175g/l) Dose:400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose:500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Lannate (Metomil 215 g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
		16/04		Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protioconazol 175g/l) Dose:400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose:500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Lannate (Metomil 215 g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
Adubação Nitrogenada/Potassada				Não houve
Dessecação				Não houve
Colheita	2018/19	06/05		
	2019/20	25/05		
Item	Milho/Feijão 2º safra			
Dessecação pré - semeadura	2018/19	-		Não houve aplicação, pois foi realizado a dessecação pré-colheita do feijão
	2019/20	24/01		Herbicida: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L). Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19	03/01		Milho P3380HR 60 mil plantas por ha ⁻¹ - 350 kg ha ⁻¹ formulado NPK 05-20-10 ANFC110. 251 mil plantas ha ⁻¹

Inseticidas/ Herbicidas/ Fungicidas	2019/20	24/01	300 kg ha ⁻¹ do formulado NPK 05-20-10
	2020/21	08/02	Milho P3282 VYHR. 160 kg ha ⁻¹ formulado NPK 04-30-10
		08/02	Cultivar Triunfo. 250 mil plantas ha ⁻¹ 160 kg do formulado NPK 04-30-10
	Milho 2018/19	11/01	Herbicida: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹ Inseticida: Engeo Pleno (Tiametoxam 141 g/l + Lambda-Cialotrina 106 g/l) Dose: 300 ml p.c ha ⁻¹
		22/01	Herbicida: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹ Inseticida: Cipermetrina (cipermetrina 200g/L) Dose: 100 ml p.c ha ⁻¹
		31/01	Inseticida: Acefato Nortox (Acefato 750 g/L) Dose: 1 L p.c ha ⁻¹
		05/02	Inseticida: Acefato Nortox (Acefato 750 g/L) Dose: 1 L p.c ha ⁻¹
		14/02	Herbicida: Verdict max (Haloxifope-P-metílico 540 g/l) Dose: 290 ml p.c ha ⁻¹
	Feijão 2019/20	17/3	Herbicida: Flex (Fomesafem 250 g/L) Dose: 1 L p.c ha ⁻¹
		25/03	Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/L) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/L) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Lannate (Metomil 215 g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
		15/02	Aplicação de galil controle de percevejo - Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
	Milho 2021/21	20/02	Aplicação de Glifosato + atrazina (2 + 5 litros por hectare) + lannate para controle de cigarrinha
		25/02	Aplicação de Acefato para controle de cigarrinha
		17/02	Aplicação de Mustang para controle de vaquinha
	Feijão 2021/21	22/02	Aplicação de Flex + gladium para controle de plantas daninhas

		05/03	Aplicação de fox + produto a base de cobre. Não foi aplicado inseticida porque não havia pragas. O ano foi muito seco e não houve pressão de doença.
Adubação Nitrogenada/Potassada	2018/19	18/02	100 kg ha ⁻¹ de N no milho
	2019/20	18/02	60 kg ha ⁻¹ de N no feijão
	2020/21	25/02	100 kg ha ⁻¹ de N no milho e 60 kg ha ⁻¹ de N no feijão
Dessecação	2019/20	16/04	Dessecante: Patrol (Glufosinato- Sal de amônio 200 g/l) Dose: 2 p.c ha ⁻¹
	2020/21	25/04	Dessecante: Reglone 2 L ha
Colheita	2018/19	Milho 20/05	
	2019/20	Feijão 20/04	
	2020/21	Feijão 10/05	
		Milho 21/07	
Item			Plantas de Cobertura 2º safra
Dessecação pré - semeadura	2018/19	01/02	Não houve aplicação, pois foi realizada a dessecação pré-colheita de feijão.
	2019/20	27/01	Herbicida: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L). Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
	2020/21	08/02/21	Herbicida: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L). Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19	02/02	Crotalária (20 kg ha ⁻¹) Milheto (20 kg ha ⁻¹) Urochloa (12 kg ha ⁻¹) Lablab (35 kg ha ⁻¹) 300 kg do formulado NPK 05-25-10
	2019/20	27/01	Crotalária (20 kg ha ⁻¹) Milheto (20 kg ha ⁻¹) Urochloa (12 kg ha ⁻¹) Lablab (35 kg ha ⁻¹) 300 kg do formulado NPK 05-25-10
	2020/21	09/02	1 , 4, 7, 11 e 4 mm de abertura da semente para semear Urochloa, milheto, crotalária e lab-lab e mix respectivamente na regulagem para 3,5 sementes de milho por hectare. Safrinha 2021 foi usado crotalária Ochroleuca (100% pureza) abertura de 3,5mm = 15kg ha ⁻¹ . Adubo 160 kg ha ⁻¹ NPK 04-30-10

Colheita	2018/19	28/03 12/04 29/04	Avaliação de Biomassa nas idades de corte das plantas de cobertura: 54; 69 e 86 Dias após a semeadura (DAS).
	2019/20	09/03 06/04 25/05	Avaliação de Biomassa nas idades de corte das plantas de cobertura: 42; 70 e 119 Dias após a semeadura (DAS).
	2020/21	29/04	Uma única avaliação.. plena floração.
Item			Entressafra
Dessecação pré - semeadura	2018/19	29/04 06/05 20/05	Herbicida: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
	2019/20	-	Não houve aplicação de dessecação, as plantas de cobertura de verão foram roladas.
	2020/21	08/05	Herbicida: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19	29/04 06/05 20/05	Aveia Iapar 61 + Nabo forrageiro (30/10) Taxa de semeadura: 40 kg ha ⁻¹
		27/04 25/05	Sobre Plantas de cobertura Aveia Iapar 61 + centeio (50 + 20 kg ha) sobre feijão safrinha Aveia Iapar 61 + centeio (50 + 20 kg ha) sobre milho safrinha
		08/05 19/05 21/07	Herbicida: Ally (Metsulfurom-metílico 600 g/kg) Dose: 6 g p.c ha ⁻¹
Inseticidas/ Herbicidas/ Fungicidas	2019/20	15/05	Herbicida: Ally (Metsulfurom-metílico 600 g/kg) Dose: 7 g p.c ha
	2020/21	08/06	
Colheita	2018/19	02/08	Avaliação de biomassa aveia+nabo
	2019/20	17/08	
	2020/21	16/08 01/08	

Tabela práticas Culturais SISTEMA 4			
Item	Soja/Milho 1º safra		
	Safra	Data	Aplicação detalhada
Dessecação pré - semeadura	2018/19	03/10	Dessecante: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
	2019/20	20/09	
	2020/21	17/08	Dessecante: Verdict (Haloxifope-P-metílico 540 g/l) Dose: 300 ml p.c ha ⁻¹ +2,4D - Dose 1 L ha ⁻¹
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19	23/10	N5445 350 mil plantas ha ⁻¹ 350 kg ha ⁻¹ formulado NPK 05-20-10
	2019/20	11/10	P95R51IPRO 377 mil plantas ha ⁻¹ 300 kg ha ⁻¹ formulado NPK 05-20-10
	2020/21	27/08/20	P3016 80 mil plantas ha ⁻¹ 350 kg ha ⁻¹ formulado NPK 05-30-10 *problema com embuchamento - MILHO
Inseticidas/ Herbicidas/ Fungicidas	2018/19	05/11	Herbicida: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
		03/12	Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l)Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Fungicida: Mancozeb sabero (mancozeb 800g/l) Dose: 1,5 kg p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Engeo pleno (Tiametoxam 145 g/l; Lambda-Cialotrina 106 g/l) Dose: 300 ml p.c ha ⁻¹
	26/12		Inseticida: Engeo Pleno (Tiametoxam 141 g/l + Lambda-Cialotrina 106 g/l) Dose: 300 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Fungicida : Elatus (Azoxistrobina 300 g/kg+ Benzovindiflupir 150 g/kg) Dose:0,2 kg p.c ha ⁻¹
		18/01	Inseticida: Engeo Pleno (Tiametoxam 141 g/l + Lambda-Cialotrina 106 g/l) Dose: 250 ml p.c ha ⁻¹ Fungicida: Elatus (Azoxistrobina 300 g/kg+ Benzovindiflupir 150 g/kg) Dose: 0,2 kg p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹
	31/01		Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Acefato (Acefato 750 g/kg) Dose:1 kg p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹

	2019/20	28/10	Dose: 3 L p.c ha ⁻¹ Herbicida: Cletodim (240 g/L) Dose: 0,5 L p.c ha ⁻¹
		01/12	Fungicida : Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/L + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
		19/12	Fungicida : Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Fungicida : Mancozeb (mancozeb 800g/l) Dose: 2 kg p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
		02/01	Fungicida: Elatus (Azoxistrobina 300 g/kg+ Benzovindiflupir 150 g/kg)Dose: 300 g p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose:400 ml p.c ha ⁻¹
		15/01	Fungicida: Elatus (Azoxistrobina 300 g/kg+ Benzovindiflupir 150 g/kg) Dose:300 g p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
		09/08	Herbicida: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
	2020/21	31/08	Herbicida+inseticida: atrazina (4 litros ha) + glifosato (1,5 kg de Cruciol ha ⁻¹) + 150 de mustang ha.
Adubação Nitrogenada/Potassada	2018/19	23/10	60 kg ha ⁻¹ de potássio
	2019/20	11/10	60 kg ha ⁻¹ de potássio
	2020/21	04/09	90 kg ha ⁻¹ de nitrogênio
		17/09	90 kg ha ⁻¹ de nitrogênio
		05/10	
Dessecação	2018/19	22/02	Dessecante pré-colheita: Gramoxone (Paraquate 200 g/L) Dose: 2 L p.c ha ⁻¹
	2019/20		Não foi feito

Colheita	2018/19	28/02	
	2019/20	17/02	
	2020/21	03/02	
Item	Milho 2º safra - (Soja 2º safra (2021))		
Dessecação pré - semeadura	2018/19	-	Não houve aplicação, pois foi realizado a dessecação pré-colheita da soja
	2019/20	-	
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19	-	Não houve plantio em 2019.
	2019/20	18/02	P3754 PWU 55 mil plantas ha ⁻¹ 300 kg ha ⁻¹ formulado NPK 05-20-10
	2020/21	09/02	-Não houve plantio de milho em 2021 e sim soja.
	2020/21	09/02	TMG 7062. 300 mil plantas ha ⁻¹ 160 kg do formulado NPK 04-30-10
Inseticidas/ Herbicidas/ Fungicidas	2019/20	12/03	Inseticida: Lannate (Metomil 215 g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
		25/03	Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Lannate (Metomil 215 g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
	2020/21	20/02	Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L). Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
		10/03	Aplicação de fungicida + inseticida (Fungicida: Fox XPRO(Trifloxistrobina 150g/l + Protiocanazol 175g/l + Bixafem 125g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ + Adjuvante: Joint (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
		26/03	Aplicação do fungicida Elatus (300 g ha) + Inseticida Expedition (Lambda Cialotrina 150 g/L + Sulfoxaflor 100 g/L) na dose de 0,3 l ha.
		10/04	Aplicação do fungicida Versatilis (Fenpropimorfe 750g/L) para manejo de Oídio e ferrugem. Condição de clima muito seco e em função disso, encerrou-se às aplicações.
	2019/20	18/03	

Adubação Nitrogenada/Potassada	-	-	100 kg ha ⁻¹ de N
Dessecação	2019/20	15/07	Não houve
Colheita	2020/21	17/05	
Item	Feijão 2º safra		
Dessecação pré - semeadura	2018/19	-	Não houve aplicação, pois foi realizado a dessecação pré-colheita da soja
	2019/20	-	-
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19		Não houve plantio
	2019/20	18/02	ANFC110. 290 mil plantas ha ⁻¹ 300 kg ha ⁻¹ formulado NPK 05-20-10
	2020/21	08/02	Triunfo. 250 mil plantas ha ⁻¹ 160 kg do formulado NPK 04-30-10
Inseticidas/ Herbicidas/ Fungicidas	2019/20	12/03	Herbicida: Gladium (Etoxissulfurom 600g/kg) Dose: 40 g p.c ha ⁻¹ Inseticida: Lannate (Metomil 215 g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
		15/03	Fungicida: Fox (Trifloxistrobina 150g/l + Protioconazol 175g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹
		16/04	Inseticida: Lannate (Metomil 215 g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
	2020/21	17/02	Aplicação de Mustang para controle de vaquinha
		22/02	Aplicação de Flex + gladium para controle de plantas daninhas
		05/03/21	Aplicação de fox + produto a base de cobre. Não foi aplicado inseticida porque não havia pragas. O ano foi muito seco e não houve pressão de doença. Por outro lado, houve muito abortamento de vagens e a produtividade ficou abaixo do esperado.
Adubação Nitrogenada/Potassada	2019/20	18/03	60 kg ha ⁻¹ de N
	2020/21	25/02	60 kg de ha ⁻¹ de N em forma de uréia
Dessecação	2019/20	18/05	Dessecante: Patrol (Glufosinato- Sal de amônio 200 g/l). Dose: 2 p.c ha ⁻¹
		25/04	
	2020/21		

Dessecação			Reglone 2 l p.c.ha ¹
Colheita	2019/20 2020/21	25/05 10/05	
Item			Pousio
Dessecação pré - plantio	2018/19 2019/20	-	Não houve aplicação, pois foi realizado a dessecação pré-colheita da soja
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19 2019/20	-	-
Inseticidas/ Herbicidas/ Fungicidas	2018/19	12/04	Herbicida: Select (Cletodim 240 g/L + Alquilbenzeno 670,9 g/L) Dose: 0,6 L p.c ha ⁻¹ 2,4 D (2,4 D 806 g/L) Dose: 0,8 L p.c ha ⁻¹
		04/06	Herbicida: Ally (Metsulfurom-metilico 600 g/kg) Dose: 6 g p.c ha ⁻¹
Adubação Nitrogenada/Potassada	-	-	-
Dessecação	-	-	-
Colheita	-	-	-
Item			Plantas de Cobertura
Dessecação pré - plantio	2018/19 2019/20	- -	Não houve aplicação, pois foi realizado a dessecação pré-colheita da soja
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19	02/03	Crotalária (20 kg ha ⁻¹) ; M +C (14 kg, 6 kg ha ⁻¹) Urochloa (12 kg ha ⁻¹); Lablab (35 kg ha ⁻¹); Milheto (20 kg ha ⁻¹) 300 kg ha ⁻¹ formulado NPK 05-20-10
	2019/20	03/03	Lab lab (35 kg ha ⁻¹); Crotalária (20 kg ha ⁻¹) ; Milheto (20 kg ha ⁻¹); Urochloa (12 kg ha ⁻¹); MIX (Milheto (12 kg) + Crotalária (6 kg) + Brachiaria (4 kg)) . 300 kg do formulado NPK 05-20-10
	2020/21	09/02	1 , 4, 7, 11 e 4 mm de abertura da semente para semear Brachiaria, milheto, crotalária e lab-lab e mix respectivamente

Dessecação			na regulagem para 3,5 sementes de milho por hectare. Safrinha 2021 foi usado crotalária Ochroleuca (100% pureza) abertura de 3,5mm = 15kg ha ⁻¹ . Adubo 160 kg ha ⁻¹ NPK 04-30-10
Colheita	2018/19	28/03 12/04 29/04	Avaliação de Biomassa nas idades de corte das plantas de cobertura: 58, 86 e 117 dias após a semeadura (DAS)
	2019/20	09/03 06/04 25/05	Avaliação de Biomassa nas idades de corte das plantas de cobertura: 107 e 119 (DAS)
	2020/21	29/04/21	Avaliação de Biomassa final
Item			Entressafra
Dessecação pré - plantio	2018/19	20/05	Herbicida: Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
	2019/20	20/05	Roundup Original (Equivalente ácido de Glifosato 360 g/L+ Glifosato - Sal de Isopropilamina 480 g/L) Dose: 3 L p.c ha ⁻¹
Variedade/ Densidade de semeadura/adubação de base	2018/19	27/05	Trigo TBIO Toruk 150 kg ha ⁻¹ . 208 kg ha ⁻¹ formulado 16-36-00 (DAP)
	2019/20	25/05 15/06 18/06	Aveia Iapar 61 + Nabo forrageiro (30/10) 40 kg ha ⁻¹
	2020/21	25/05	Semeadura do trigo Audaz - 150 kg de Semente por hectare. Não foi adubado, somente com 150 kg de ureia na base
Adubação de cobertura	2018/19	27/06/19	60 kg ha ⁻¹ de N
	2020/21	19/06/21	100 kg de N por ha ⁻¹
Inseticidas/ Herbicidas/ Fungicidas	2018/19	04/06	Herbicida: Ally (Metsulfurom-metilico 600 g/kg) Dose: 6 g p.c ha ⁻¹
		24/06	Herbicida: Hussar (Iodossulfurom-metilico-sódico 50 g/kg) Dose: 120 g p.c ha ⁻¹
		17/07	Fungicida: Tilt (Propiconazol 250 g/L) Dose: 0,4 L p.c ha ⁻¹ Fungicida: Nativo (Tebuconazol 200 g/L + Trifloxistrobina 100 g/L) Dose: 0,7 L p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹

Colheita	2020/21	01/08	Fungicida: Tilt (Propiconazol 250 g/L) Dose: 0,4 L p.c ha ⁻¹ Fungicida: Priori Xtra (Azoxistrobina 200 g/L + Ciproconazol 80 g/L) Dose: 0,6 L p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹
		20/08	Fungicida: Nativo (Tebuconazol 200 g/L + Trifloxistrobina 100 g/L) Dose: 0,7 L p.c ha ⁻¹ Adjuvante: Nimbus (Oleo mineral 428 g/l) Dose: 500 ml p.c ha ⁻¹
		08/06/21	Herbicida: Ally (Metsulfurom-metilivo 600 g/kg) Dose: 7 g p.c ha ⁻¹
		Verificar datas	Foram realizadas 3 aplicações de fungicida+inseticida em 2021.
			Fungicida: Tilt (Propiconazol 250 g/L) Dose: 0,4 L p.c ha ⁻¹ Fungicida: Nativo (Tebuconazol 200 g/L + Trifloxistrobina 100 g/L) Dose: 0,7 L p.c ha ⁻¹ Inseticida: Lannate (Metomil 215 g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
			Fungicida: Tilt (Propiconazol 250 g/L) Dose: 0,4 L p.c ha ⁻¹ Fungicida: Priori Xtra (Azoxistrobina 200 g/L + Ciproconazol 80 g/L) Dose: 0,6 L p.c ha ⁻¹ Inseticida: Lannate (Metomil 215 g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
			Fungicida: Nativo (Tebuconazol 200 g/L + Trifloxistrobina 100 g/L) Dose: 0,7 L p.c ha ⁻¹ Inseticida: Galil (imidacloprido 250g/l + Bifentrina 50g/l) Dose: 400 ml p.c ha ⁻¹
		2018/19	Avaliação de Biomassa aveia+nabo
		2019/20	10/10 Avaliação de Biomassa aveia+nabo
		2020/21	05/10/21 Colheita Trigo

Apêndice B - Custos de produção por sistemas de acordo com cada tratamento/parcela:

SISTEMA 1: Custos de produção do Sistema 1 safra 2018/2019.

Culturas		Milho	Soja	Feijão	Crotalária	Lablab	Milheto	Urochloa	Entressafra*
Atividades	Unidade	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
A - Despesas com operações terceirizadas		1144,39	702,66	753,48	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
Dessecação pré-semeadura		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Semeadura/Adubação		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Tratos culturais – Herbicidas		30,00	60,00	60,00					
Tratos culturais - Inseticidas/Fungicidas		30,00	90,00	30,00					
Tratos culturais – Adubação de cobertura		30,00	0,00	30,00					
Dessecação pré-colheita		0,00	0,00	30,00					
Colheita		679,64	347,05	418,60					
Transporte		224,75	55,62	34,88					
B - Despesas com materiais		2381,00	1525,60	1925,00	433,20	339,25	117,20	181,20	122,20
Dessecante pré-semeadura	L	37,20	37,20	37,20	37,20	37,20	37,20	37,20	37,20
Sementes	sc	780,00	330,00	560,00	396,00	302,05	80,00	144,00	85,00
Adubação de cobertura	kg	850,00	0,00	221,00					
Adubação de base	kg	560,00	480,00	480,00					
Inseticidas	L	26,30	95,60	95,60					
Herbicidas pós-emergência	L	127,50	240,00	240,00					
Adjuvantes	L	0,00	26,40	17,60					
Fungicidas	sc	0,00	316,40	226,00					
Dessecante pré-colheita	L	0,00	0,00	47,60					
COE (A + B)		3525,39	2228,26	2678,48	583,20	489,25	267,20	331,20	272,20

* Cultivo do consórcio de nabo forrageiro + aveia.

SISTEMA 2: Custos de produção do sistema 2 na safra 2018/2019.

Culturas		Soja	Milho	Feijão	Crotalaria	Lab lab	Milheto	Urochloa	Entressafra*
Atividades	Unidade	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
A - Despesas com operações terceirizadas		1057,26	533,17	642,35	120,00	120,00	120,00	120,00	150,00
Dessecação pré-semeadura		30,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00
Semeadura/Adubação		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Tratos culturais – Herbicidas		30,00	30,00	30,00					
Tratos culturais - Inseticidas/fungicida		90,00	0,00	60,00					
Tratos culturais - Adubação de cobertura		30,00	30,00	30,00					
Dessecação pré-colheita		30,00	0,00	0,00					
Colheita		626,81	259,84	371,40					
Transporte		100,45	93,33	30,95					
B - Despesas com materiais		1626,50	1550,50	1660,20	396,00	302,05	80,00	144,00	112,20
Dessecante pré – semeadura	L	37,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,20
Sementes	sc	360,00	600,00	560,00	396,00	302,05	80,00	144,00	75,00
Adubação de cobertura	kg	170,00	382,50	221,00					
Adubação de base	kg	560,00	480,00	480,00					
Inseticidas	L	93,00	13,00	80,80					
Herbicidas pós-Emergência	L	37,20	75,00	120,00					
Adjuvantes	sc	26,40	0,00	17,60					
Fungicidas	L	309,20	0,00	180,80					
Dessecante pré-colheita	L	33,50	0,00	0,00					
COE (A + B)		2683,76	2083,67	2302,55	516,00	422,05	200,00	264,00	262,20

* Cultivo de aveia solteira.

SISTEMA 3: Custos de produção do sistema 3 na safra 2018/2019.

Culturas	Unidade	Feijão	Soja	Milho	Crotalaria	Lablab	Milheto	Urochloa	Entressafra*
Atividades		R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
A - Despesas com operações tercerizadas		1096,67	759,95	603,26	120,00	120,00	120,00	120,00	150,00
Dessecação pré-semeadura		30,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00
Semeadura/Adubação		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Tratos culturais - Herbicidas/ Inseticidas		30,00	30,00	60,00					
Tratos culturais - Inseticidas/Fungicidas		30,00	90,00	30,00					
Tratos culturais – Adubação de cobertura		60,00	0,00	30,00					
Tratos culturais- Dessecação pré-colheita		30,00	0,00	0,00					
Colheita		764,80	448,14	267,26					
Transporte		31,87	71,82	96,00					
B - Despesas com materiais		2076,78	1399,70	1634,30	396,00	302,05	80,00	144,00	122,20
Dessecante pré-semeadura	L	37,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,20
Sementes	sc	480,00	330,00	600,00	396,00	302,05	80,00	144,00	85,00
Adubação de base	kg	560,00	480,00	480,00					
Adubação de cobertura	kg	391,00	0,00	382,50					
Inseticidas	L	61,30	127,30	97,40					
Herbicidas pós-emergência	L	174,08	74,40	74,40					
Fungicidas	L/kg	308,00	361,60	0,00					
Adjuvantes	L	17,60	26,40	0,00					
Dessecante pré-colheita	L	47,60	0,00	0,00					
COE (A + B)		3173,45	2159,65	2237,56	516,00	422,05	200,00	264,00	272,20

* Consórcio de nabo forrageiro + aveia.

SISTEMA 4: Custos de produção do sistema 4 na safra 2018/2019.

Culturas	Unidade	Soja	Crotalária	Lablab	Milheto	Urochloa	Pousio	M + C*
Atividades		R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
A - Despesas com operações terceirizadas		1021,25	120,00	120,00	120,00	120,00	30,00	120,00
Dessecação pré - semeadura		30,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Semeadura/Adubação		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	0,00	120,00
Tratos culturais – Herbicidas		30,00					30,00	
Tratos culturais - Inseticidas/ Fungicidas		120,00						
Tratos cult. - Adubação de cobertura		30,00						
Dessecação pré - colheita		30,00						
Colheita		569,92						
Transporte		91,33						
B - Despesas com materiais		1903,70	396,00	302,05	81,80	144,00	78,00	135,20
Dessecante pré-semeadura	L	37,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sementes	sc	360,00	396,00	302,05	81,80	144,00	0,00	135,2
Adubação de base	kg	560,00					0,00	
Adubação de cobertura	kg	170,00						
Inseticidas	L/kg	188,10					0,00	
Herbicida pós-emergência	L	37,20					78,00	
Adjuvantes	sc	35,20					0,00	
Fungicidas	L/kg	485,40					0,00	
Dessecante pré - colheita		30,60					0,00	
COE (A + B)		2924,95	516,00	422,05	201,80	264,00	108,00	255,20

*Mix Milheto + Crotalária.

SISTEMA 4: Custos de produção da cultura do trigo na entressafra do sistema 04, safra 2018/2019.

Culturas	Unidade	Trigo*1	Trigo*2	Trigo*3	Trigo*4	Trigo*5	Trigo*6
Atividades		R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
A - Despesas com operações terceirizadas		564,60	636,59	577,40	588,06	564,22	638,43
Dessecação pré - semeadura		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Semeadura/Adubação		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Tratos culturais - Herbicidas		60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Tratos culturais - Inseticidas/ Fungicidas		90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Tratos culturais. - Adubação de cobertura		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Dessecação pré - colheita		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Colheita		183,60	239,94	193,62	201,96	183,30	241,38
Transporte		51,00	66,65	53,78	56,10	50,92	67,05
B - Despesas com materiais		1381,52	1381,52	1381,52	1381,52	1381,52	1381,52
Dessecação pré-semeadura	L	37,20	37,20	37,20	37,20	37,20	37,20
Sementes	sc	280,00	280,00	280,00	280,00	280,00	280,00
Adubação de base	kg	510,00	510,00	510,00	510,00	510,00	510,00
Adubação de cobertura	kg	221,00	221,00	221,00	221,00	221,00	221,00
Inseticidas	L/kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Herbicidas pós-emergência	L	103,20	103,20	103,20	103,20	103,20	103,20
Adjuvantes	sc	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40
Fungicidas	L/kg	203,72	203,72	203,72	203,72	203,72	203,72
Dessecante pré-colheita		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
COE (A + B)		1946,12	2018,11	1958,92	1969,58	1945,74	2019,95

*1 Trigo pós-cultivo de Crotalária. *2 Trigo após Urochloa. *3 Trigo após Milheto + Crotalária. *4 Trigo após Milheto. *5 Trigo após lablab *6 Trigo após pouso.

SISTEMA 1 – 2019/2020: Custos de produção da cultura do milho na 1º safra, sistema 1, safra 2019/2020.

Culturas		Milho*1	Milho *2	Milho*3	Milho*4	Milho*5	Milho*6
Atividades	Unidade	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
A - Despesas com operações terceirizadas		1252,53	1333,46	1233,42	1137,70	1316,37	1308,31
Dessecação pré-semeadura		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Semeadura/Adubação		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Tratos culturais - Herbicidas/Inseticidas		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Tratos culturais – Fungicidas		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Tratos culturais - Adubação de cobertura		90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Dessecação pré-colheita		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Colheita		723,99	785,51	709,47	636,72	772,52	766,39
Transporte		228,53	247,95	223,95	200,98	243,85	241,92
B - Despesas com materiais		2743,05	2743,05	2743,05	2743,05	2743,05	2743,05
Dessecante pré-semeadura	L	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00
Sementes	sc	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00
Adubação de cobertura	kg	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00
Adubação de base	kg	595,00	595,00	595,00	595,00	595,00	595,00
Inseticidas	L	48,40	48,40	48,40	48,40	48,40	48,40
Herbicidas pós-emergência	L	108,00	108,00	108,00	108,00	108,00	108,00
Adjuvantes	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fungicidas	sc	52,65	52,65	52,65	52,65	52,65	52,65
Dessecante pré-colheita	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
COE (A + B)		3995,58	4076,51	3976,47	3880,75	4059,42	4051,36

*1 Milho após cultivo de soja 2º safra. *2 Milho após cultivo de feijão 2º safra. *3 Milho após cultivo de crotalária. *4 Milho após cultivo de lablab. *5 Milho após cultivo de milho. *6 Milho após cultivo de Urochloa.

SISTEMA 1 - 2019/2020: Custos de produção da 2º safra e entressafra, sistema 01, safra 2019/2020.

Culturas		Soja	Feijão	Crotalaria	Lablab	Milheto	Urochloa	Entressafra*
Atividades	Unidade	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
A - Despesas com operações terceirizadas		473,11	624,14	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
Dessecação pré-semeadura		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Semeadura/Adubação		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Tratos culturais - Herbicidas/Inseticidas		60,00	60,00					
Tratos culturais – Fungicidas		60,00	60,00					
Tratos culturais - Adubação de cobertura		0,00	30,00					
Dessecação pré-colheita		0,00	30,00					
Colheita		177,60	275,04					
Transporte		25,52	19,10					
B - Despesas com materiais		1220,75	1608,70	435,00	341,05	119,00	183,00	124,00
Dessecante pré-semeadura	L	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00
Sementes	sc	330,00	400,00	396,00	302,05	80,00	144,00	85,00
Adubação de cobertura	kg	0,00	266,00					
Adubação de base	kg	510,00	510,00					
Inseticidas	L	58,00	57,40					
Herbicidas pós-emergência	L	94,15	151,90					
Adjuvantes	L	17,60	8,80					
Fungicidas	sc	172,00	86,00					
Dessecante pré-colheita	L	0,00	89,60					
COE (A + B)		1693,86	2232,84	585,00	491,05	269,00	333,00	274,00

* Consórcio de nabo forrageiro + aveia.

SISTEMA 2 – 2019/2020: Custos de produção da cultura da soja na 1º safra, sistema 2, safra 2019/2020.

Culturas		Soja*1	Soja*2	Soja*3	Soja*4	Soja*5	Soja*6
Atividades	Unidade	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
A - Despesas com operações terceirizadas		1002,60	962,29	1003,56	1083,80	939,00	911,25
Dessecação pré-semeadura		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Semeadura/Adubação		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Tratos culturais – Herbicidas		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Tratos culturais – Inseticidas		90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Tratos culturais - Adubação de cobertura		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Dessecação pré colheita		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Colheita		579,70	544,96	580,53	649,69	524,89	500,97
Transporte		92,90	87,33	93,03	104,12	84,12	80,28
B - Despesas com materiais		1839,58	1839,58	1839,58	1839,58	1839,58	1839,58
Dessecante pré-semeadura	L	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00
Sementes	sc	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00
Adubação de cobertura	kg	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Adubação de base	kg	595,00	595,00	595,00	595,00	595,00	595,00
Inseticidas	L	120,18	120,18	120,18	120,18	120,18	120,18
Herbicidas pós-emergência	L	66,70	66,70	66,70	66,70	66,70	66,70
Adjuvantes	L	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40
Fungicidas	sc	338,80	338,80	338,80	338,80	338,80	338,80
Dessecante pré-colheita	L	33,50	33,50	33,50	33,50	33,50	33,50
COE (A + B)		2842,18	2801,87	2843,14	2923,38	2778,58	2750,83

*1 Soja após cultivo de feijão. *2 Soja após cultivo de milho. *3 Soja após cultivo de crotalaria. *4 Soja após cultivo de lablab. *5 Soja após cultivo de milheto. *6 Soja após cultivo de Urochloa.

SISTEMA 2 – 2019/2020: Custos de produção da 2º safra e entressafra, sistema 2, safra 2019/2020.

Culturas		Milho	Feijão	Crotalaria	Lablab	Milheto	Urochloa	Entressafra*
Atividades	Unidade	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
A - Despesas com operações terceirizadas		601,08	516,91	120,00	120,00	120,00	120,00	150,00
Dessecação pré-semeadura		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00
Semeadura/Adubação		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Tratos culturais – Herbicidas		30,00	60,00					
Tratos culturais – Inseticidas		30,00	30,00					
Tratos culturais - Adubação de cobertura		30,00	30,00					
Dessecação pré - colheita		0,00	30,00					
Colheita		299,36	230,88					
Transporte		91,72	16,03					
B - Despesas com materiais		1722,54	1314,76	396,00	302,05	80,00	144,00	114,00
Dessecante pré – semeadura	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,00
Sementes	sc	630,00	400,00	396,00	302,05	80,00	144,00	75,00
Adubação de cobertura	kg	450,00	266,00					
Adubação de base	kg	510,00	510,00					
Inseticidas	L	57,54	8,94					
Herbicidas pós-emergência	L	75,00	96,32					
Adjuvantes	L	0,00	0,00					
Fungicidas	sc	0,00	0,00					
Dessecante pré-colheita	L	0,00	33,50					
COE (A + B)		2323,62	1831,67	516,00	422,05	200,00	264,00	264,00

* Cultivo de aveia solteira.

SISTEMA 3 – 2019/2020: Custos de produção da cultura do milho na 1º safra, sistema 3, safra 2019/2020.

Culturas	Unidade	Milho*1	Milho*2	Milho*3	Milho*4	Milho*5	Milho*6
Atividades		R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
A - Despesas com operações terceirizadas		1145,36	1095,90	1128,96	1078,39	1049,56	1120,70
Dessecação pré -semeadura		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Semeadura/Adubação		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Tratos culturais - Herbicidas		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tratos culturais - Fungicidas/Inseticidas		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Tratos culturais - Adubação de cobertura		60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Dessecação pré-colheita		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Colheita		688,14	650,55	675,68	637,24	615,33	669,40
Transporte		217,22	205,35	213,28	201,15	194,23	211,30
B - Despesas com materiais		2595,46	2595,46	2595,46	2595,46	2595,46	2595,46
Dessecante pré-semeadura	L	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00
Semente	sc	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00
Adubação de cobertura	sc	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00
Adubação de base	kg	595,00	595,00	595,00	595,00	595,00	595,00
Inseticidas	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Herbicidas pós-emergência	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fungicidas	L/kg	52,68	52,68	52,68	52,68	52,68	52,68
Adjuvantes	L	8,78	8,78	8,78	8,78	8,78	8,78
Dessecante pré-colheita	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
COE (A + B)		3740,82	3691,36	3724,42	3673,85	3645,02	3716,16

*1 Milho após cultivo de soja. *2 Milho após cultivo de milho. *3 Milho após cultivo de crotalaria. *4 Milho após cultivo de lablab. *5 Milho após cultivo de milheto.
*6 Milho após cultivo de Urochloa.

SISTEMA 3 – 2019/2020: Custos de produção da 2º safra e entressafra, sistema 3, safra 2019/2020.

Culturas	Unidade	Soja	Feijão	Crotalária	Lablab	Milheto	Urochloa	Entressafra*
Atividades		R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
A - Despesas com Operações terceirizadas		552,58	640,08	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
Dessecação pré -semeadura		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Semeadura/Adubação		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Tratos culturais – Herbicidas		60,00	60,00					
Tratos culturais - Fungicidas/Inseticidas		60,00	30,00					
Tratos culturais - Adubação de cobertura		0,00	30,00					
Dessecação pré-colheita		0,00	30,00					
Colheita		247,08	318,00					
Transporte		35,50	22,08					
B - Despesas com materiais		1.216,35	1.619,36	435,00	341,05	119,00	183,00	124,00
Dessecante pré-semeadura	L	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00
Semente	sc	330,00	400,00	396,00	302,05	80,00	144,00	85,00
Adubação de cobertura	sc	0,00	266,00					
Adubação de base	kg	510,00	510,00					
Inseticidas	L	22,80	60,00					
Herbicidas pós-emergência	L	104,95	149,82					
Fungicidas	L/kg	192,00	96,00					
Adjuvantes	L	17,60	8,80					
Dessecante pré-colheita	L	0,00	89,74					
COE (A + B)		1.768,93	2.259,44	585,00	491,05	269,00	333,00	274,00

*Cultivo do consórcio nabo forrageiro + aveia.

SISTEMA 4 – 2019/2020: Custos de produção da cultura da soja na 1º safra, sistema 4, safra 2019/2020.

Culturas		Soja*1	Soja*2	Soja*3	Soja*4	Soja*5	Soja*6
Atividades	Unidade	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
A - Despesas com operações terceirizadas		932,90	888,85	907,32	893,44	963,91	945,33
Dessecação pré – semeadura		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Semeadura/Adubação		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Tratos culturais - Herbicidas/Inseticidas		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Tratos culturais - Inseticidas/Fungicidas		90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Tratos culturais - Adubação de cobertura		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Dessecação pré - colheita		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Colheita		545,48	507,52	523,43	511,47	572,21	556,19
Transporte		87,42	81,33	83,88	81,97	91,70	89,13
B - Despesas com materiais		1960,50	1960,50	1960,50	1960,50	1960,50	1960,50
Dessecante pré – semeadura	L	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00
Sementes	Sc	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00
Adubação de cobertura	Kg	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Adubação de base	Kg	595,00	595,00	595,00	595,00	595,00	595,00
Inseticidas	L	181,50	181,50	181,50	181,50	181,50	181,50
Herbicida pós-emergência	L	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00
Adjuvantes	L	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00
Fungicidas	Sc	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00
Dessecante pré-colheita	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
COE (A + B)		2893,40	2849,35	2867,82	2853,94	2925,61	2905,83

*1 Soja após cultivo de milho. *2 Soja após cultivo de mix M+C. *3 Soja após cultivo de crotalaria. *4 Milho após cultivo de lablab. *5 Milho após cultivo de Urochloa. *6 Milho após pouso.

SISTEMA 4 – 2019/2020: Custos de produção da 2º safra e entressafra, sistema 4, safra 2019/2020.

Culturas		Milho	Feijão	Crotalaria	Lablab	M + C + U	Urochloa	Entressafra*
Atividades	Unidade	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
A - Despesas com operações terceirizadas		684,87	613,68	120,00	120,00	120,00	120,00	150,00
Dessecação pré – semeadura		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00
Semeadura/Adubação		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Tratos culturais - Herbicidas/Inseticidas		30,00	30,00					
Tratos culturais - Inseticidas/Fungicidas		30,00	60,00					
Tratos culturais - Adubação de cobertura		30,00	30,00					
Dessecação pré colheita		0,00	30,00					
Colheita		363,50	321,36					
Transporte		111,37	22,32					
B - Despesas com materiais		1712,20	1423,80	396,00	302,05	214,80	144,00	124,00
Dessecante pré – semeadura	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,00
Sementes	sc	630,00	400,00	396,00	302,05	214,80	144,00	85,00
Adubação de cobertura	kg	450,00	266,00					
Adubação de base	kg	510,00	510,00					
Inseticidas	L	22,80	22,80					
Herbicida pós-emergência	L	0,00	36,00					
Adjuvantes	L	9,00	9,00					
Fungicidas	sc	90,40	90,40					
Dessecante pré-colheita	L	0,00	89,60					
COE (A + B)		2397,07	2037,48	516,00	422,05	334,80	264,00	274,00

* Cultivo de aveia solteira.

SISTEMA 1 – 2020/2021: Custos de produção da cultura do milho na 1º safra, sistema 1, safra 2020/2021.

Culturas		Milho*1	Milho *2	Milho*3	Milho*4	Milho*5	Milho*6
Atividades	Unidade	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
A - Despesas com operações terceirizadas		1631,98	1609,71	1955,40	1938,22	1710,76	1603,67
Dessecação pré-semeadura		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Semeadura/Adubação		130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00
Tratos culturais - Herbicidas/Inseticidas		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Tratos culturais - Fungicidas		40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Tratos culturais - Adub.ção de cobertura		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Dessecação pré-colheita		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Colheita		998,49	980,29	1262,76	1248,72	1062,86	975,36
Transporte		223,49	219,42	282,64	279,50	237,90	218,31
B - Despesas com materiais		2907,65	2907,65	2907,65	2907,65	2907,65	2907,65
Dessecante pré-semeadura	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sementes	sc	1130,50	1130,50	1130,50	1130,50	1130,50	1130,50
Adubação de cobertura	kg	954,00	954,00	954,00	954,00	954,00	954,00
Adubação de base	kg	540,00	540,00	540,00	540,00	540,00	540,00
Inseticidas	L	64,65	64,65	64,65	64,65	64,65	64,65
Herbicidas pós-emergência	L	218,50	218,50	218,50	218,50	218,50	218,50
Adjuvantes	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fungicidas	sc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dessecante pré-colheita	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
COE (A + B)		4539,63	4517,36	4863,05	4845,87	4618,41	4511,32

*1 Milho após cultivo de soja 2º safra. *2 Milho após cultivo de feijão 2º safra. *3 Milho após cultivo de crotalária. *4 Milho após cultivo de lablab. *5 Milho após cultivo de milheto. *6 Milho após cultivo de Urochloa.

SISTEMA 1 – 2020/2021: Custos de produção da 2ª safra e entressafra, sistema 01 , safra 2020/2021.

Culturas		Soja	Feijão	Crotalária	Lablab	Milheto	Urochloa	Entressafra*
Atividades	Unidade	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
A - Despesas com operações terceirizadas		633,92	770,74	170,00	170,00	170,00	170,00	170,00
Dessecação pré-semeadura		0,00	0,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Semeadura/Adubação		130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00
Tratos culturais - Herbicidas/Inseticidas		40,00	80,00					
Tratos culturais - Fungicidas/ Inseticidas		120,00	40,00					
Tratos culturais - Adub.ção de cobertura		0,00	40,00					
Dessecação pré-colheita		0,00	40,00					
Colheita		311,81	407,59					
Transporte		32,11	33,15					
B - Despesas com materiais		1372,27	1991,36	707,00	722,00	497,00	623,00	282,50
Dessecante pré-semeadura	L	0,00	0,00	39,00	39,00	39,00	39,00	80,00
Sementes	sc	480,00	800,00	300,00	315,00	90,00	216,00	202,50
Adubação de cobertura	kg	0,00	300,00					
Adubação de base	kg	368,00	368,00	368,00	368,00	368,00	368,00	
Inseticidas	L	107,00	15,15					
Herbicidas pós-emergência	L	37,20	233,36					
Adjuvantes	L	7,57	7,57					
Fungicidas	sc	372,50	187,28					
Dessecante pré-colheita	L	0,00	80,00					
COE (A + B)		2006,19	2762,10	877,00	892,00	667,00	793,00	452,50

*Entressafra: Cultivo do consórcio Aveia + Nabo.

SISTEMA 2 – 2020/2021: Custos de produção da cultura da soja na 1º safra, sistema 2, safra 2020/2021.

Culturas		Soja*1	Soja*2	Soja*3	Soja*4	Soja*5	Soja*6
Atividades	Unidade	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha-1	R\$ ha-1	R\$ ha-1	R\$ ha-1
A - Despesas com Operações		1625,00	1557,72	1536,97	1574,82	1702,09	1622,72
Dessecação pré-plantio		80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Plantio/Adubação		130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00
Tratos Culturais - Herbicida		40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Tratos Culturais - Inseticida/Fungicida		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Tratos Cul. - Adub. Cobertura		40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Dessecação pré colheita		40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Colheita		1063,37	1002,48	983,70	1017,96	1133,14	1061,31
Transporte		111,63	105,24	103,26	106,86	118,95	111,41
B - Despesas com Materiais		1874,78	1874,78	1874,78	1874,78	1874,78	1874,78
Dessecação pré-plantio	L	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00
Sementes	sc	490,00	490,00	490,00	490,00	490,00	490,00
Adubação de Cobertura	kg	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00
Adubação de Base	kg	540,00	540,00	540,00	540,00	540,00	540,00
Inseticida	L	99,00	99,00	99,00	99,00	99,00	99,00
Herbicida Pós-Emergência	L	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00
Adjuvante	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fungicida	sc	348,78	348,78	348,78	348,78	348,78	348,78
Dessecação pré-colheita	L	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
COE (A + B)		3499,78	3432,50	3411,75	3449,60	3576,87	3497,50

*1 Soja após cultivo de feijão. *2 Soja após cultivo de milho. *3 Soja após cultivo de crotalaria. *4 Soja após cultivo de lablab. *5 Soja após cultivo de milheto. *6 Soja após cultivo de Urochloa

SISTEMA 2 – 2020/2021: Custos de produção da 2ª safra e entressafra, sistema 02 , safra 2020/2021.

Custos de produção sistema 02 , safra 2020/2021								
Culturas		Milho	Feijão	Crotalária	Lab lab	Milheto	Brachiária	Entressafra*
Atividades	Unidade	R\$ ha-1	R\$ ha-1	R\$ ha-1	R\$ ha-1	R\$ ha-1	R\$ ha-1	R\$ ha⁻¹
A - Despesas com Operações		1216,18	654,08	130,00	130,00	130,00	130,00	250,00
Dessecação pré-plantio		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,00
Semeadura/Adubação		130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00
Tratos Culturais - Herbicida		40,00	40,00					80,00
Tratos Culturais - Inseticida/Fungicida		120,00	80,00					
Tratos Cul. - Adub. Cobertura		40,00	40,00					
Dessecação pré colheita		0,00	40,00					
Colheita		757,89	299,70					
Transporte		128,29	24,38					
B - Despesas com Materiais		1694,00	1850,70	668,00	683,00	458,00	584,00	209,00
Dessecação pré-plantio	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,00
Sementes	sc	520,00	800,00	300,00	315,00	90,00	216,00	150,00
Adubação de Cobertura	kg	540,00	300,00					
Adubação de Base	kg	368,00	368,00	368,00	368,00	368,00	368,00	
Inseticida	L	157,00	20,20					
Herbicida Pós-Emergência	L	109,00	135,00					20,00
Adjuvante	L	0,00	0,00					
Fungicida	sc	0,00	147,50					
Dessecação pré-colheita	L	0,00	80,00					
COE (A + B)		2910,18	2504,78	798,00	813,00	588,00	714,00	459,00

* aveia

SISTEMA 3 – 2020/2021: Custos de produção da cultura da soja na 1º safra, sistema 03, safra 2020/2021.

Culturas	Unidade	Soja*1	Soja*2	Soja*3	Soja*4	Soja*5	Soja*6
Atividades		R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
A - Despesas com Operações tercerizadas		1482,74	1587,42	1725,63	1553,89	1669,07	1528,58
Dessecação pré -semeadura		40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Semeadura/Adubação		130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00
Tratos culturais - Herbicida		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tratos culturais - Fungicidas/Inseticidas		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Tratos culturais - Adubação de cobertura		40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Dessecação pré-colheita		40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Colheita		1007,03	1101,76	1226,84	1071,42	1175,65	1048,51
Transporte		105,71	115,66	128,79	112,47	123,41	110,07
B - Despesas com materiais		1796,78	1796,78	1796,78	1796,78	1796,78	1796,78
Dessecante pré-semeadura	L	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00
Semente	sc	490,00	490,00	490,00	490,00	490,00	490,00
Adubação de cobertura	sc	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00
Adubação de base	kg	540,00	540,00	540,00	540,00	540,00	540,00
Inseticidas	L	99,00	99,00	99,00	99,00	99,00	99,00
Herbicida pós-emergência	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fungicidas	L/kg	348,78	348,78	348,78	348,78	348,78	348,78
Adjuvantes	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dessecante pré-colheita	L	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
COE (A + B)		3279,52	3384,20	3522,41	3350,67	3465,85	3325,36

*1 Soja após cultivo de milho. *2 Soja após cultivo de feijão. *3 Soja após cultivo de crotalaria. *4 Soja após cultivo de lablab. *5 Soja após cultivo de milheto. *6 Soja após cultivo de Urochloa.

SISTEMA 3 – 2020/2021: Custos de produção da 2ª safra e entressafra, sistema 03 , safra 2020/2021.

Culturas	Unidade	Milho	Feijão	Crotalaria	Lablab	Milheto	Urochloa	Entressafra*
Atividades		R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
A - Despesas com Operações tercerizadas		1294,75	680,58	170,00	170,00	170,00	170,00	170,00
Dessecação pré -semeadura		0,00	0,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Semeadura/Adubação		130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00
Tratos culturais - Herbicidas		40,00	40,00					
Tratos culturais - Fungicidas/Inseticidas		120,00	80,00					
Tratos culturais - Adubação de cobertura		40,00	40,00					
Dessecação pré-colheita		0,00	40,00					
Colheita		825,09	324,21					
Transporte		139,66	26,37					
B - Despesas com materiais		1719,20	1850,70	707,00	722,00	497,00	623,00	209,00
Dessecante pré-semeadura	L	0,00	0,00	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00
Semente	sc	520,00	800,00	300,00	315,00	90,00	216,00	150,00
Adubação de cobertura	sc	540,00	300,00					
Adubação de base	kg	368,00	368,00	368,00	368,00	368,00	368,00	
Inseticidas	L	145,00	20,20					
Herbicida pós-emergência	L	146,20	135,00					20,00
Fungicidas	L/kg	0,00	147,50					
Adjuvantes	L	0,00	0,00					
Dessecante pré-colheita	L	0,00	80,00					
COE (A + B)		3013,95	2531,28	877,00	892,00	667,00	793,00	379,00

* aveia

SISTEMA 4 – 2020/2021: Custos de produção da cultura do milho na 1º safra, sistema 04, safra 2020/2021.

Culturas		Milho*1	Milho*2	Milho*3	Milho*4	Milho*5	Milho*6
Atividades	Unidade	R\$ ha-1	R\$ ha-1	R\$ ha-1	R\$ ha-1	R\$ ha-1	R\$ ha-1
A - Despesas com Operações		1670,88	1559,41	1680,36	1768,85	1701,92	1722,53
Dessecação pré-semeadura		80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Plantio/Adubação		130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00
Tratos Culturais - Herbicidas/Inseticidas		40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Tratos Culturais - Inseticidas/Fungicidas		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tratos Cul. - Adub. Cobertura		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Dessecação pré-colheita		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Colheita		1062,96	971,87	1070,70	1143,01	1088,32	1105,17
Transporte		237,92	217,53	239,66	255,84	243,60	247,37
B - Despesas com Materiais		2907,65	2907,65	2907,65	2907,65	2907,65	2907,65
Dessecação pré-semeadura	L	113,50	113,50	113,50	113,50	113,50	113,50
Sementes	sc	1130,50	1130,50	1130,50	1130,50	1130,50	1130,50
Adubação de Cobertura	kg	954,00	954,00	954,00	954,00	954,00	954,00
Adubação de Base	kg	540,00	540,00	540,00	540,00	540,00	540,00
Inseticidas	L	64,65	64,65	64,65	64,65	64,65	64,65
Herbicida Pós-Emergência	L	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00
Adjuvante	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fungicidas	sc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dessecação pré-colheita	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
COE (A + B)		4578,53	4467,06	4588,01	4676,50	4609,57	4630,18

*1 Milho pós-cultivo de feijão. *2 Milho pós-cultivo de milho. *3 Milho após Urochloa. *4 Milho após Milheto + Crotalária+Urochloa.

*5 Milho pós-cultivo de Crotalária. *6 Milho após lablab.

SISTEMA 4 - 2020/2021: Custos de produção da 2ª safra, sistema 04 , safra 2020/2021.

Custos de produção sistema 04 , safra 2020/2021							
Culturas		Soja	Feijão	Urochloa	M+C+U*	Crotalária	Lablab
Atividades	Unidade	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
A - Despesas com Operações		620,70	713,42	170,00	150,00	170,00	170,00
Dessecação pré-semeadura		0,00	0,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Semeadura/Adubação		130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00
Tratos Culturais - Herbicidas/Inseticidas		40,00	80,00				
Tratos Culturais - Inseticidas/Fungicidas		120,00	40,00				
Tratos Cul. - Adub. Cobertura		0,00	40,00				
Dessecação pré colheita		0,00	40,00				
Colheita		299,28	354,58				
Transporte		31,42	28,84				
B - Despesas com Materiais		1372,27	1991,36	623,00	653,00	707,00	722,00
Dessecação pré-semeadura	L	0,00	0,00	39,00	39,00	39,00	39,00
Sementes	sc	480,00	800,00	216,00	246,00	300,00	315,00
Adubação de Cobertura	kg	0,00	300,00				
Adubação de Base	kg	368,00	368,00	368,00	368,00	368,00	368,00
Inseticidas	L	107,00	15,15				
Herbicida Pós-Emergência	L	37,20	233,36				
Adjuvantes	L	7,57	7,57				
Fungicidas	sc	372,50	187,28				
Dessecação pré-colheita	L	0,00	80,00				
COE (A + B)		1992,97	2704,78	793,00	803,00	877,00	892,00

*Milheto+Crotalária+Urochloa.

SISTEMA 4 – 2020/2021: Custos de produção da cultura do trigo na entressafra do sistema 04, safra 2020/2021.

Culturas		Trigo*1	Trigo*2	Trigo*3	Trigo*4	Trigo*5	Trigo*6
Atividades	Unidade	R\$ ha-1	R\$ ha-1	R\$ ha-1	R\$ ha-1	R\$ ha-1	R\$ ha-1
A - Despesas com Operações		772,79	810,62	785,05	830,57	832,22	840,89
Dessecação pré-semeadura		40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Plantio/Adubação		130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00
Tratos Culturais - Herbicidas/Inseticidas		80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Tratos Culturais - Inseticidas/Fungicidas		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Tratos Cul. - Adub. Cobertura		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dessecação pré-colheita		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Colheita		339,40	371,28	349,73	388,08	389,48	396,78
Transporte		63,39	69,35	65,32	72,49	72,75	74,11
B - Despesas com Materiais		1420,20	1420,20	1420,20	1420,20	1420,20	1420,20
Dessecação pré-semeadura	L	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Sementes	sc	442,50	442,50	442,50	442,50	442,50	442,50
Adubação de Cobertura	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Adubação de Base	kg	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00
Inseticidas	L	87,00	87,00	87,00	87,00	87,00	87,00
Herbicida Pós-Emergência	L	59,50	59,50	59,50	59,50	59,50	59,50
Adjuvante	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fungicidas	sc	291,20	291,20	291,20	291,20	291,20	291,20
Dessecação pré-colheita	L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
COE (A + B)		2192,99	2230,82	2205,25	2250,77	2252,42	2261,09

*1 Trigo pós-cultivo de soja. *2 Trigo pós-cultivo de feijão. *3 Trigo após Urochloa. *4 Trigo após Milheto + Crotalária+Urochloa. *5 Trigo pós-cultivo de Crotalária. *6 Trigo após lablab.

Apêndice C - Indicadores econômicos dos 24 tratamentos da 1º e 2º safra, 2018/2019.

Sistemas	Tratamentos	Descrição	1º Safra					2º Safra				
			COE R\$ ha ⁻¹	RB R\$ ha ⁻¹	MB %	LO R\$ ha ⁻¹	IL %	COE R\$ ha ⁻¹	RB R\$ ha ⁻¹	MB %	LO R\$ ha ⁻¹	IL %
1	1	Milho – Soja	3525,39	8540,05	142,24%	5014,66	58,72%	2228,26	4338,10	94,69%	2109,84	48,64%
	2	Milho – Feijão	3525,39	8540,05	142,24%	5014,66	58,72%	2678,48	5232,50	95,35%	2554,02	48,81%
	3	Milho - Crotalária	3525,39	8540,05	142,24%	5014,66	58,72%	583,20	0,00	-100,00%	-583,20	-
	4	Milho - Lablab	3525,39	8540,05	142,24%	5014,66	58,72%	489,25	0,00	-100,00%	-489,25	-
	5	Milho - Milheto	3525,39	8540,05	142,24%	5014,66	58,72%	267,20	0,00	-100,00%	-267,20	-
	6	Milho - Urochloa	3525,39	8540,05	142,24%	5014,66	58,72%	331,20	0,00	-100,00%	-331,20	-
2	7	Soja – Milho	2683,76	7835,10	191,94%	5151,34	65,75%	2083,67	3132,00	50,31%	1048,33	33,47%
	8	Soja – Feijão	2683,76	7835,10	191,94%	5151,34	65,75%	2302,55	4642,50	101,62%	2339,95	50,40%
	9	Soja - Crotalária	2683,76	7835,10	191,94%	5151,34	65,75%	516,00	0,00	-100,00%	-516,00	-
	10	Soja – Lablab	2683,76	7835,10	191,94%	5151,34	65,75%	422,05	0,00	-100,00%	-422,05	-
	11	Soja – Milheto	2683,76	7835,10	191,94%	5151,34	65,75%	200,00	0,00	-100,00%	-200,00	-
	12	Soja - Urochloa	2683,76	7835,10	191,94%	5151,34	65,75%	264,00	0,00	-100,00%	-264,00	-
3	13	Feijão – Soja	3173,45	9555,00	201,09%	6381,55	66,79%	2159,65	5601,70	159,38%	3442,05	61,45%
	14	Feijão – Milho	3173,45	9555,00	201,09%	6381,55	66,79%	2237,56	3340,80	49,31%	1103,24	33,02%
	15	Feijão - Crotalária	3173,45	9555,00	201,09%	6381,55	66,79%	516,00	0,00	-100,00%	-516,00	-
	16	Feijão - Lablab	3173,45	9555,00	201,09%	6381,55	66,79%	422,05	0,00	-100,00%	-422,05	-
	17	Feijão - Milheto	3173,45	9555,00	201,09%	6381,55	66,79%	200,00	0,00	-100,00%	-200,00	-
	18	Feijão - Urochloa	3173,45	9555,00	201,09%	6381,55	66,79%	264,00	0,00	-100,00%	-264,00	-
4	19	Soja - Crotalária	2924,95	7124,00	143,56%	4199,05	58,94%	516,00	0,00	-100,00%	-516,00	-
	20	Soja - Urochloa	2924,95	7124,00	143,56%	4199,05	58,94%	264,00	0,00	-100,00%	-264,00	-
	21	Soja - M+C	2924,95	7124,00	143,56%	4199,05	58,94%	255,20	0,00	-100,00%	-255,20	-
	22	Soja – Milheto	2924,95	7124,00	143,56%	4199,05	58,94%	201,80	0,00	-100,00%	-201,80	-
	23	Soja – Lablab	2924,95	7124,00	143,56%	4199,05	58,94%	422,05	0,00	-100,00%	-422,05	-
	24	Soja – Pousio	2924,95	7124,00	143,56%	4199,05	58,94%	108,00	0,00	-100,00%	-108,00	-

Apêndice D - Indicadores econômicos dos 24 tratamentos da entressafra e total (soma da 1º, 2º safra e entressafra), 2018/2019.

Sistemas	Tratamentos	Descrição	Entressafra					Total				
			COE R\$ ha ⁻¹	RB R\$ ha ⁻¹	MB %	LO R\$ ha ⁻¹	IL %	COE R\$ ha ⁻¹	RB R\$ ha ⁻¹	MB %	LO R\$ ha ⁻¹	IL %
1	1	Milho - Soja -Aveia + Nabo	272,20	0,00	-100,00%	-272,20	-	6025,85	12878,15	113,71%	6852,30	53,21%
	2	Milho - Feijão - Aveia+ Nabo	272,20	0,00	-100,00%	-272,20	-	6476,07	13772,55	112,67%	7296,48	52,98%
	3	Milho - Crotalária - Aveia + Nabo	272,20	0,00	-100,00%	-272,20	-	4380,79	8540,05	94,94%	4159,26	48,70%
	4	Milho - Lablab - Aveia + Nabo	272,20	0,00	-100,00%	-272,20	-	4286,84	8540,05	99,22%	4253,21	49,80%
	5	Milho - Milheto - Aveia + Nabo	272,20	0,00	-100,00%	-272,20	-	4064,79	8540,05	110,10%	4475,26	52,40%
	6	Milho - Urochloa - Aveia + Nabo	272,20	0,00	-100,00%	-272,20	-	4128,79	8540,05	106,84%	4411,26	51,65%
2	7	Soja - Milho - Aveia	255,00	0,00	-100,00%	-255,00	-	5022,43	10967,10	118,36%	5944,67	54,20%
	8	Soja - Feijão - Aveia	255,00	0,00	-100,00%	-255,00	-	5241,31	12477,60	138,06%	7236,29	57,99%
	9	Soja - Crotalária - Aveia	255,00	0,00	-100,00%	-255,00	-	3454,76	7835,10	126,79%	4380,34	55,91%
	10	Soja - Lablab - Aveia	255,00	0,00	-100,00%	-255,00	-	3360,81	7835,10	133,13%	4474,29	57,11%
	11	Soja - Milheto - Aveia	255,00	0,00	-100,00%	-255,00	-	3138,76	7835,10	149,62%	4696,34	59,94%
	12	Soja - Urochloa - Aveia	255,00	0,00	-100,00%	-255,00	-	3202,76	7835,10	144,64%	4632,34	59,12%
3	13	Feijão - Soja - Aveia + Nabo	272,20	0,00	-100,00%	-272,20	-	5605,30	15156,70	170,40%	9551,40	63,02%
	14	Feijão - Milho - Aveia + Nabo	272,20	0,00	-100,00%	-272,20	-	5683,21	12895,80	126,91%	7212,59	55,93%
	15	Feijão - Crotalária - Aveia + Nabo	272,20	0,00	-100,00%	-272,20	-	3961,65	9555,00	141,19%	5593,35	58,54%
	16	Feijão - Lablab - Aveia + Nabo	272,20	0,00	-100,00%	-272,20	-	3867,70	9555,00	147,05%	5687,30	59,52%
	17	Feijão - Milheto - Aveia + Nabo	272,20	0,00	-100,00%	-272,20	-	3645,65	9555,00	162,09%	5909,35	61,85%
	18	Feijão - Urochloa - Aveia + Nabo	272,20	0,00	-100,00%	-272,20	-	3709,65	9555,00	157,57%	5845,35	61,18%
4	19	Soja - Crotalária – Trigo	1942,12	2295,00	18,17%	352,88	15,38%	5383,07	9419,00	74,97%	4035,93	42,85%
	20	Soja - Urochloa – Trigo	2018,11	2999,25	48,62%	981,14	32,71%	5207,06	10123,25	94,41%	4916,19	48,56%
	21	Soja - M+C – Trigo	1958,52	2524,50	28,90%	565,98	22,42%	5138,67	9648,50	87,76%	4509,83	46,74%
	22	Soja - Milheto – Trigo	1969,58	2420,25	22,88%	450,67	18,62%	5096,33	9544,25	87,28%	4447,92	46,60%
	23	Soja - Lablab - Aveia	1945,74	2291,25	17,76%	345,51	15,08%	5292,74	9415,25	77,89%	4122,51	43,79%
	24	Soja - Pousio – Trigo	2019,95	3017,25	49,37%	997,30	33,05%	5052,90	10141,25	100,70%	5088,35	50,17%

Apêndice E - Indicadores econômicos dos 24 tratamentos da 1º e 2º safra, 2019/2020.

Sistemas	Tratamentos	Descrição	1º Safra					2º Safra				
			COE R\$ ha ⁻¹	RB R\$ ha ⁻¹	MB %	LO R\$ ha ⁻¹	IL %	COE R\$ ha ⁻¹	RB R\$ ha ⁻¹	MB %	LO R\$ ha ⁻¹	IL %
1	1	Milho – Soja -Aveia + Nabo	3955,58	8638,56	118,39%	4682,98	54,21%	1693,86	2219,95	31,06%	526,09	23,70%
	2	Milho – Feijão - Aveia + Nabo	4076,51	9421,60	131,12%	5345,09	56,73%	2232,84	3438,00	53,97%	1205,16	35,05%
	3	Milho – Crotalária - Aveia + Nabo	3976,47	8509,65	114,00%	4533,18	53,27%	585,00	0,00	-100,00%	-585,00	-
	4	Milho – Lablab - Aveia + Nabo	3880,75	7636,96	96,79%	3756,21	49,18%	491,05	0,00	-100,00%	-491,05	-
	5	Milho – Milheto -Aveia + Nabo	4059,42	9265,81	128,25%	5206,39	56,19%	269,00	0,00	-100,00%	-269,00	-
	6	Milho – Urochloa - Aveia + Nabo	4051,36	9192,35	126,90%	5140,99	55,93%	333,00	0,00	-100,00%	-333,00	-
2	7	Soja – Feijão – Aveia	2842,18	7246,20	154,95%	4404,02	60,78%	1831,67	2886,00	57,56%	1054,33	36,53%
	8	Soja - Milho – Aveia	2801,87	6812,00	143,12%	4010,13	58,87%	2323,62	3631,98	56,31%	1308,36	36,02%
	9	Soja – Crotalária – Aveia	2843,14	7256,60	155,23%	4413,46	60,82%	516,00	0,00	-100,00%	-516,00	-
	10	Soja – Lablab – Aveia	2923,38	8121,10	177,80%	5197,72	64,00%	422,05	0,00	-100,00%	-422,05	-
	11	Soja – Milheto – Aveia	2778,58	6561,10	136,13%	3782,52	57,65%	200,00	0,00	-100,00%	-200,00	-
	12	Soja - Urochloa - Aveia	2750,83	6262,10	127,64%	3511,27	56,07%	264,00	0,00	-100,00%	-264,00	-
3	13	Milho – Soja - Aveia + Nabo	3740,82	6516,50	74,20%	2775,68	42,59%	1768,93	3088,50	74,60%	1319,57	42,73%
	14	Milho – Feijão - Aveia + Nabo	3691,36	5486,00	48,62%	1794,64	32,71%	2259,44	3975,00	75,93%	1715,56	43,16%
	15	Milho – Crotalária - Aveia + Nabo	3724,42	6398,50	71,80%	2674,08	41,79%	585,00	0,00	-100,00%	-585,00	-
	16	Milho – Lablab - Aveia + Nabo	3673,85	6034,50	64,26%	2360,65	39,12%	491,05	0,00	-100,00%	-491,05	-
	17	Milho – Milheto - Aveia + Nabo	3645,02	5827,00	59,86%	2181,98	37,45%	269,00	0,00	-100,00%	-269,00	-
	18	Milho – Urochloa - Aveia + Nabo	3716,16	6339,00	70,58%	2622,84	41,38%	333,00	0,00	-100,00%	-333,00	-
4	19	Soja – Feijão - Aveia + Nabo	2867,82	6542,90	128,15%	3675,08	56,17%	2037,48	4017,00	97,16%	1979,52	49,28%
	20	Soja – Milho - Aveia + Nabo	2925,61	7152,60	144,48%	4226,99	59,10%	2397,07	4543,76	89,55%	2146,69	47,24%
	21	Soja – Urochloa Aveia + Nabo	2849,35	6344,00	122,65%	3494,65	55,09%	264,00	0,00	-100,00%	-264,00	-
	22	Soja - M+C+U - Aveia + Nabo	2893,40	6818,50	135,66%	3925,10	57,57%	334,80	0,00	-100,00%	-334,80	-
	23	Soja – Crotalária - Aveia + Nabo	2853,94	6393,40	124,02%	3539,46	55,36%	516,00	0,00	-100,00%	-516,00	-
	24	Soja – Lablab - Aveia + Nabo	2905,83	6952,40	139,26%	4046,57	58,20%	422,05	0,00	-100,00%	-422,05	-

Apêndice F - Indicadores econômicos dos 24 tratamentos da entressafra e total (soma da 1º, 2º safra e entressafra), 2019/2020.

Sistemas	Tratamentos	Descrição	Entressafra					Total				
			COE R\$ ha ⁻¹	RB R\$ ha ⁻¹	MB %	LO R\$ ha ⁻¹	IL %	COE R\$ ha ⁻¹	RB R\$ ha ⁻¹	MB %	LO R\$ ha ⁻¹	IL %
1	1	Milho - Soja -Aveia + Nabo	274,00	0,00	-100,00%	-274,00	-	5923,44	10858,51	83,31%	4935,07	45,45%
	2	Milho - Feijão - Aveia+ Nabo	274,00	0,00	-100,00%	-274,00	-	6583,35	12859,60	95,34%	6276,25	48,81%
	3	Milho - Crotalaria - Aveia + Nabo	274,00	0,00	-100,00%	-274,00	-	4835,47	8509,65	75,98%	3674,18	43,18%
	4	Milho - Lablab - Aveia + Nabo	274,00	0,00	-100,00%	-274,00	-	4645,80	7636,96	64,38%	2991,16	39,17%
	5	Milho - Milheto - Aveia + Nabo	274,00	0,00	-100,00%	-274,00	-	4602,42	9265,81	101,32%	4663,39	50,33%
	6	Milho - Urochloa - Aveia + Nabo	274,00	0,00	-100,00%	-274,00	-	4658,36	9192,35	97,33%	4533,99	49,32%
2	7	Soja - Feijão - Aveia	264,00	0,00	-100,00%	-264,00	-	4937,85	10132,20	105,19%	5194,35	51,27%
	8	Soja - Milho - Aveia	264,00	0,00	-100,00%	-264,00	-	5389,49	10443,98	93,78%	5054,49	48,40%
	9	Soja - Crotalaria - Aveia	264,00	0,00	-100,00%	-264,00	-	3623,14	7256,60	100,28%	3633,46	50,07%
	10	Soja - Lablab - Aveia	264,00	0,00	-100,00%	-264,00	-	3609,43	8121,10	125,00%	4511,67	55,55%
	11	Soja - Milheto - Aveia	264,00	0,00	-100,00%	-264,00	-	3242,58	6561,10	102,34%	3318,52	50,58%
	12	Soja - Urochloa - Aveia	264,00	0,00	-100,00%	-264,00	-	3278,83	6262,10	90,99%	2983,27	47,64%
3	13	Milho - Soja- Aveia+ Nabo	274,00	0,00	-100,00%	-274,00	-	5783,75	9605,00	66,07%	3821,25	39,78%
	14	Milho - Feijão- Aveia+ Nabo	274,00	0,00	-100,00%	-274,00	-	6224,80	9461,00	51,99%	3236,20	34,21%
	15	Milho - Crotalaria- Aveia+ Nabo	274,00	0,00	-100,00%	-274,00	-	4583,42	6398,50	39,60%	1815,08	28,37%
	16	Milho - Lablab- Aveia+ Nabo	274,00	0,00	-100,00%	-274,00	-	4438,90	6034,50	35,95%	1595,60	26,44%
	17	Milho - Milheto- Aveia+ Nabo	274,00	0,00	-100,00%	-274,00	-	4188,02	5827,00	39,13%	1638,98	28,13%
	18	Milho - Urochloa - Aveia+ Nabo	274,00	0,00	-100,00%	-274,00	-	4323,16	6339,00	46,63%	2015,84	31,80%
4	19	Soja - Feijão- Aveia+ Nabo	274,00	0,00	-100,00%	-274,00	-	5179,30	10559,90	103,89%	5380,60	50,95%
	20	Soja - Milho- Aveia+ Nabo	274,00	0,00	-100,00%	-274,00	-	5596,68	11696,36	108,99%	6099,68	52,15%
	21	Soja - Urochloa - Aveia+ Nabo	274,00	0,00	-100,00%	-274,00	-	3387,35	6344,00	87,29%	2956,65	46,61%
	22	Soja - M+C+U- Aveia+ Nabo	274,00	0,00	-100,00%	-274,00	-	3502,20	6818,50	94,69%	3316,30	48,64%
	23	Soja - Crotalaria- Aveia+ Nabo	274,00	0,00	-100,00%	-274,00	-	3643,94	6393,40	75,45%	2749,46	43,00%
	24	Soja - Lablab- Aveia+ Nabo	274,00	0,00	-100,00%	-274,00	-	3601,88	6952,40	93,02%	3350,52	48,19%

Apêndice G - Indicadores econômicos dos 24 tratamentos da 1º e 2º safra, 2020/2021.

Sistema	Tratamento	Descrição	1º SAFRA					2º SAFRA				
			COE R\$ ha ⁻¹	RB R\$ ha ⁻¹	MB %	LO R\$ ha ⁻¹	IL %	COE R\$ ha ⁻¹	RB R\$ ha ⁻¹	MB %	LO R\$ ha ⁻¹	IL %
1	1	Milho - Soja - Av + C + N + E	4539,63	12481,15	174,94%	7941,52	63,63%	2006,19	3823,56	90,59%	1817,37	47,53%
	2	Milho - Feijão – Av + C + N + E	4517,36	12253,67	171,26%	7736,31	63,13%	2762,10	5094,90	84,46%	2332,80	45,79%
	3	Milho - Crotalária - Av + C + N + E	4863,05	15784,45	224,58%	10921,40	69,19%	877,00	0,00	-100,00%	-877,00	-
	4	Milho - Lablab – Av + C + N + E	4845,87	15609,00	222,11%	10763,13	68,95%	892,00	0,00	-100,00%	-892,00	-
	5	Milho - Milheto – Av + C + N + E	4618,41	13285,80	187,67%	8667,39	65,24%	667,00	0,00	-100,00%	-667,00	-
	6	Milho - Urochloa - Av + C + N + E	4511,32	12191,96	170,25%	7680,64	63,00%	793,00	0,00	-100,00%	-793,00	-
	7	Soja - Feijão - Aveia + Centeio	3499,78	13292,16	279,80%	9792,38	73,67%	2504,78	3746,25	49,56%	1241,48	33,14%
	8	Soja - Milho - Aveia + Centeio	3432,50	12531,06	265,07%	9098,56	72,61%	2910,18	9473,60	225,53%	6563,42	69,28%
2	9	Soja - Crotalária - Aveia + Centeio	3411,75	11437,14	235,23%	8025,39	70,17%	798,00	0,00	-100,00%	-798,00	-
	10	Soja - Lab lab - Aveia + Centeio	3449,60	12724,56	268,87%	9274,96	72,89%	813,00	0,00	-100,00%	-813,00	-
	11	Soja - Milheto - Aveia + Centeio	3576,87	13305,06	271,98%	9728,19	73,12%	588,00	0,00	-100,00%	-588,00	-
	12	Soja - Urochloa - Aveia + Centeio	3497,50	13266,36	279,31%	9768,86	73,64%	714,00	0,00	-100,00%	-714,00	-
	13	Soja - Milho - Aveia + Centeio	3279,52	12587,82	283,83%	9308,30	73,95%	3013,95	10313,60	242,20%	7299,65	70,78%
	14	Soja - Feijão - Aveia + Centeio	3384,20	13772,04	306,95%	10387,84	75,43%	2531,28	4052,61	60,10%	1521,33	37,54%
3	15	Soja - Crotalária - Aveia + Centeio	3522,41	15335,52	335,37%	11813,11	77,03%	877,00	0,00	-100,00%	-877,00	-
	16	Soja - Lablab - Aveia + Centeio	3350,67	13392,78	299,70%	10042,11	74,98%	892,00	0,00	-100,00%	-892,00	-
	17	Soja - Milheto - Aveia + Centeio	3465,85	14695,68	324,01%	11229,83	76,42%	667,00	0,00	-100,00%	-667,00	-
	18	Soja - Urochloa - Aveia + Centeio	3325,36	13106,40	294,13%	9781,04	74,63%	793,00	0,00	-100,00%	-793,00	-
4	19	Milho - Soja - Trigo	4578,53	13287,01	190,20%	8708,48	65,54%	1992,97	3741,00	87,71%	1748,03	46,73%
	20	Milho - Feijão - Trigo	4467,06	12148,40	171,96%	7681,34	63,23%	2704,78	4432,23	63,87%	1727,45	38,97%
	21	Milho - Urochloa - Trigo	4588,01	13383,81	191,71%	8795,80	65,72%	793,00	0,00	-100,00%	-793,00	-
	22	Milho- M+C+U - Trigo	4676,50	14287,68	205,52%	9611,18	67,27%	803,00	0,00	-100,00%	-803,00	-
	23	Milho - Crotalária - Trigo	4609,57	13604,03	195,13%	8994,46	66,12%	877,00	0,00	-100,00%	-877,00	-
	24	Milho- Lablab - Trigo	4630,18	13814,57	198,36%	9184,39	66,48%	892,00	0,00	-100,00%	-892,00	-

Av+C+N+E = Aveia++Nabo.

Apêndice H- Indicadores econômicos dos 24 tratamentos da entressafra e total (soma da 1º, 2º safra e entressafra), 2020/2021.

Sistemas	Tratamentos	Descrição	Entressafra					Total				
			COE	RB	MB	LO	IL	COE	RB	MB	LO	IL
			R\$ ha-1	R\$ ha-1	%	R\$ ha-1	%	R\$ ha-1	R\$ ha-1	%	R\$ ha-1	%
1	1	Milho - Soja - Av + C + N + E	452,50	0,00	-100,00%	-452,50	-	6998,33	16304,71	132,98%	9306,38	57,08%
	2	Milho - Feijão - Av + C + N + E	452,50	0,00	-100,00%	-452,50	-	7731,96	17348,57	124,37%	9616,61	55,43%
	3	Milho - Crotalaria - Av + C + N + E	452,50	0,00	-100,00%	-452,50	-	6192,55	15784,45	154,89%	9591,90	60,77%
	4	Milho - Lablab - Av + C + N + E	452,50	0,00	-100,00%	-452,50	-	6190,37	15609,00	152,15%	9418,63	60,34%
	5	Milho - Milheto - Av + C + N + E	452,50	0,00	-100,00%	-452,50	-	5737,91	13285,80	131,54%	7547,89	56,81%
	6	Milho - Urochloa - Av + C + N + E	452,50	0,00	-100,00%	-452,50	-	5756,82	12191,96	111,78%	6435,14	52,78%
2	7	Soja - Feijão - Aveia + Centeio	459,00	0,00	-100,00%	-459,00	-	6463,55	17038,41	163,61%	10574,86	62,06%
	8	Soja - Milho - Aveia + Centeio	459,00	0,00	-100,00%	-459,00	-	6801,68	22004,66	223,52%	15202,98	69,09%
	9	Soja - Crotalaria - Aveia + Centeio	459,00	0,00	-100,00%	-459,00	-	4668,75	11437,14	144,97%	6768,39	59,18%
	10	Soja - Lab lab - Aveia + Centeio	459,00	0,00	-100,00%	-459,00	-	4721,60	12724,56	169,50%	8002,96	62,89%
	11	Soja - Milheto - Aveia + Centeio	459,00	0,00	-100,00%	-459,00	-	4623,87	13305,06	187,75%	8681,19	65,25%
	12	Soja - Urochloa - Aveia + Centeio	459,00	0,00	-100,00%	-459,00	-	4670,50	13266,36	184,05%	8595,86	64,79%
3	13	Soja - Milho - Aveia + Centeio	379,00	0,00	-100,00%	-379,00	-	6672,47	22901,42	243,22%	16228,95	70,86%
	14	Soja - Feijão - Aveia + Centeio	379,00	0,00	-100,00%	-379,00	-	6294,48	17824,65	183,18%	11530,17	64,69%
	15	Soja - Crotalaria - Aveia + Centeio	379,00	0,00	-100,00%	-379,00	-	4778,41	15335,52	220,93%	10557,11	68,84%
	16	Soja - Lablab - Aveia + Centeio	379,00	0,00	-100,00%	-379,00	-	4621,67	13392,78	189,78%	8771,11	65,49%
	17	Soja - Milheto - Aveia + Centeio	379,00	0,00	-100,00%	-379,00	-	4511,85	14695,68	225,71%	10183,83	69,30%
	18	Soja - Urochloa - Aveia + Centeio	379,00	0,00	-100,00%	-379,00	-	4497,36	13106,40	191,42%	8609,04	65,69%
4	19	Milho - Soja - Trigo	2192,99	4242,48	93,46%	2049,49	48,31%	8764,49	21270,49	142,69%	12506,00	58,80%
	20	Milho - Feijão - Trigo	2230,82	4640,95	108,04%	2410,12	51,93%	9402,66	21221,58	125,70%	11818,92	55,69%
	21	Milho - Urochloa - Trigo	2205,25	4371,61	98,24%	2166,36	49,56%	7586,26	17755,42	134,05%	10169,16	57,27%
	22	Milho- M+C+U - Trigo	2250,77	4851,02	115,53%	2600,26	53,60%	7730,27	19138,70	147,58%	11408,43	59,61%
	23	Milho - Crotalaria - Trigo	2252,42	4868,45	116,14%	2616,03	53,73%	7738,99	18472,48	138,69%	10733,49	58,11%
	24	Milho- Lablab - Trigo	2261,09	4959,69	119,35%	2698,61	54,41%	7783,27	18774,26	141,21%	10991,00	58,54%

A+ C+N+E = Aveia+Nabo

