UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CULTURAS ANUAIS E DE COBERTURA NO MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS

Rondonópolis
2021

IVAN DAVID FERREIRA SILVA
Engenheiro Agrícola E Ambiental

CULTURAS ANUAIS E DE COBERTURA NO MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Mato Grosso, campus universitário de Rondonópolis, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Pereira Pacheco

Rondonópolis
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S586c Silva, Ivan David Ferreira.
Culturas anuais e de cobertura no manejo de plantas daninhas em sistemas de produção de grãos / Ivan David Ferreira Silva. -- 2021
43 f. ; 30 cm.

Orientador: Leandro Pereira Pacheco.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Rondonópolis, 2021.
Inclui bibliografia.

1. consórcio. 2. plantio direto. 3. soja. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CULTURAS ANUAIS E DE COBERTURA NO MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS

AUTOR: MESTRANDO IVAN DAVID FERREIRA SILVA

Dissertação defendida e aprovada em 20 de agosto de 2021.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Doutor Leandro Pereira Pacheco (Presidente Banca / Orientador)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

2. Doutora Niédja Marizze Cezar Alves (Examinador Interno)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

3. Doutor Carlos Eduardo Avelino Cabral (Examinador Externo)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

4. Doutor Tonny José Araújo da Silva (Examinador Suplente)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

RONDONÓPOLIS,20/08/2021.

Documento assinado eletronicamente por **NIEDJA MARIZZE CEZAR ALVES**, **Diretor(a) do Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas ICAT / CUR**, em 23/08/2021, às 09:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **LEANDRO PEREIRA PACHECO**, **Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 23/08/2021, às 09:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **CARLOS EDUARDO AVELINO CABRAL**, **Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 25/08/2021, às 11:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3832973** e o código CRC **9A31AF6A**.

Referência: Processo nº 23108.065583/2021-54 SEI nº 3832973

A dedicatória dessa dissertação vai para uma pessoa que estava lá quando eu dei os meus primeiros passos, ouviu minhas primeiras palavras, me ensinou muita coisa, me amou incondicionalmente e desde que eu me entendo como pessoa, sempre esteve conectada a mim.

Nossa ligação é muito maior do que física, é uma ligação de almas, ela realmente desempenhou na minha vida um papel de anjo da guarda, pois sempre esteve ali por mim, no momento mais difícil da minha vida, ela me abraçou e me disse que tudo ia ficar bem. Não tenho palavras para agradecer a Deus pela graça de ter tido essa pessoa na minha vida.

A minha querida irmã Irene Francisca Dourado *in memoriam*, que nunca poupou esforços para me incentivar e motivar a correr atrás dos meus sonhos

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas oportunidades dadas a mim ao longo da vida de crescimento pessoal, emocional e espiritual, pelo dom da vida, pela saúde para realizar meus sonhos e por me sustentar na adversidade da luta pelos meus princípios pessoais.

Ao meu marido, por todo o apoio incondicional, pelo amor, pelo companheirismo e pela linda família que estamos construindo para a graça de Deus.

A minha querida amiga Juciélly Marques e toda sua família, por ter dado um dos melhores presentes da vida, o apadrinhamento da nossa amada afilhada sua filha Ísis Luz, que pra mim e meu esposo é uma filha amada e querida que sempre levaremos e conduziremos com muito carinho e amor.

A minha mãe e meu pai (*in memoriam)*, por todo o carinho e direcionamento de vida dados a mim e por terem me proporcionado uma excelente base familiar sólida e amorosa.

A minha irmã Adriana Ferreira Silva Alves, por todo o carinho para comigo ao longo da vida, por ter me dado sobrinhos incríveis e amados.

As minhas sobrinhas Debora e Ana Clara, por toda a parceria e cumplicidade desde sempre.

Aos meus amigos que tanto estimo, que estiveram e estão ao meu lado incondicionalmente na alegria e também nos momentos difíceis. Cada um é especial de uma forma na minha vida, e eu não posso correr o risco de não mencionar alguém por isso não citarei nomes, sejam os amigos fisicamente próximos ou os que moram em outras cidades e outros países, eu amo vocês!

Ao meu orientador Prof. Dr. Leandro Pereira Pacheco, pelos ensinamentos, partilha de experiências e condução de parte da minha busca pelo conhecimento. Muito obrigado professor, o senhor é um exemplo incrível pra mim.

A minha querida amiga Dra. Andressa Selestina que foi praticamente minha coorientadora nesse mestrado, pois ela não poupou esforços para me ajudar, sanar minhas duvidas e ensinar muitas coisas nessa jornada. Do fundo do coração agradeço.

Aos meus colegas de turma, Rackel, Thiago, Nahyara, Jucielly, Christian, Elisa, João Gabriel, Maria Izabel e Werlen. Foi um prazer dividir tantos momentos com vocês.

Um agradecimento especial vai para algumas pessoas que desempenharam um papel importantíssimo na minha vida nesse último ano. Estiveram ao meu lado sem hesitar onde por circunstâncias da vida atravessei dias difíceis de muita incerteza e dor. Nesse momento eles seguraram as minhas mãos e me levantaram. Millena, Henrique, Geovane, Jeniffer, Willer, Cecília, tia Augusta e meu esposo Lhuan e sua família. Sem vocês eu não estaria aqui eu tenho certeza. Em alusão a passagem de um livro sagrado para os que creem, eu digo que existem amigos mais chegados que irmãos, e a eles eu agradeço, vocês fazem parte desse capitulo da minha história.

Aos membros da banca examinadora, que aceitaram participar e colaborar com esta dissertação.

Aos integrantes do grupo de pesquisa e inovação em sistemas puros e integrados de produção agropecuária, por toda a contribuição na realização dos experimentos.

E a toda a equipe de profissionais e professores do Programa de Pós Graduação em Engenharia agrícola, que contribuíram para o meu desempenho neste mestrado. Muito obrigado.

“Não deixes jamais que alguma alma nesse mundo te diga que não podes ser exatamente quem és (Stefani Joanne Angelina Germanotta).”

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS 9
LISTA DE TABELAS 10
RESUMO 11
ABSTRACT 12
INTRODUÇÃO 13
2. REFERENCIAL TEÓRICO 14
2.1. Sistema Plantio Direto no Mato Grosso 14
2.2. Culturas de cobertura e espécies de interesse para o Cerrado Mato-grossense 16
2.3. Efeitos de supressão de plantas daninhas por culturas de cobertura 18
3. MATERIAL E MÉTODOS 21
3.1. Local de realização do Experimento 21
3.2. Delineamento estatístico 22
3.3. Manejo de fitomassa, semeadura e adubação das culturas de cobertura e da soja 23
3.4. Fitomassa de plantas de cobertura 24
3.5. Taxa de cobertura de solo 24
3.6. População e fitomassa seca de plantas daninhas 25
3.7. Cálculo de infestação e controle de plantas daninhas 25
3.8. Produtividade da soja 26
3.9. Avaliação estatística 26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 27
5. CONCLUSÕES 37
6. REFERÊNCIAS 38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação mensal e temperatura mínima e máxima do ar durante a condução do experimento, em Rondonópolis-MT. 22

Figura 2. População (POP), fitomassa de plantas daninhas (FSPD), fitomassa das culturas de coberturas (FSC) e controle de infestação de daninhas em sistema de plantio com sucessão a culturas anuais e de cobertura em Mato Grosso. Safras 2017/18, 2018/19, 2019/20 e 2020/21. 27

Figura 3. Produtividade da soja cultivada em sucessão a culturas anuais e de cobertura em Mato Grosso. Safras 2017/18, 2018/19, 2019/20 e 2020/21. 29

Figura 4. Taxa de Cobertura de culturas de cobertura em sistema de plantio com sucessão a culturas anuais e de cobertura em Mato Grosso. Safras 2017/18, 2018/19, 2019/20 e 2020/21. 30

Figura 5. Resumo dos resultados do *post-hoc* teste de Dunnett para os efeitos dos diferentes tratamentos na produtividade de grãos de soja em relação ao tratamento padrão (MC2 – pousio sem revolvimento). *** $p \leq 0,001$. ** $p \leq 0,01$. * $p < 0,05$. ns $p > 0,05$. 34

Figura 6. Análise de componentes principais (PCA) das variáveis relacionadas às plantas daninhas e ao rendimento de grãos de soja de 2017 a 2020 (a) e a relação entre o primeiro componente (PC1) e o rendimento médio de grãos da soja em quatro anos de avaliação (b). A caixa inserida na análise de PCA descreve o teste de Tukey para produtividade de grãos de soja em relação as demais variáveis. FSC: fitomassa seca de culturas de cobertura..... 35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química e textural do Latossolo Vermelho antes da instalação do experimento 21

Tabela 2. Caracterização dos tratamentos com culturas anuais e de cobertura implantados nas segundas safras entre 2017 e 2021 em Rondonópolis-MT. 23

Tabela 3. Parâmetros fitossociológicos de infestação das quatro principais espécies de daninhas nas safras 2017/18 e 2018/19 em função dos sistemas de produção com culturas anuais e de cobertura de solo. 32

Tabela 4. Parâmetros fitossociológicos de infestação das quatro principais espécies de daninhas nas safras 2019/20 e 2020/21 em função dos sistemas de produção com culturas anuais e de cobertura de solo. 33

Figura 5. Resumo dos resultados do *post-hoc* teste de Dunnett para os efeitos dos diferentes tratamentos na produtividade de grãos de soja em relação ao tratamento padrão (MC2 – pousio sem revolvimento). *** $p \leq 0{,}001$. ** $p \leq 0{,}01$. * $p < 0{,}05$. ns $p > 0{,}05$. 34

Tabela **6.** Resumo da análise de componentes principais (PCA) para o efeito de diferentes tratamentos na produtividade de grãos da soja. 36

RESUMO

CULTURAS ANUAIS E DE COBERTURA NO MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS

No cultivo de grãos como a soja, as plantas daninhas podem provocar prejuízos de produtividade pela competição de recursos naturais e até mesmo dificuldade na colheita dos grãos. O sistema plantio direto pode proporcionar ao agroecosistema a supressão de daninhas pela camada de fitomassa que recobre o solo além de estar associado a ciclagem de nutrientes, eficiência do uso da água entre outros. O objetivo do presente trabalho foi identificar as culturas anuais e de cobertura que promovem supressão das plantas daninhas e aumento de produtividade de grãos em sistemas de produção de soja sob plantio direto em fase de consolidação. O experimento está instalado na Universidade Federal de Mato Grosso, campus universitário de Rondonópolis, desde a safra 2013/14. Para este trabalho foram analisadas as safras de 2017/2018, 2018/19, 2019/2020 e 2020/21. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho. O ensaio foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com nove sistemas de produção com culturas anuais e de cobertura semeados em safrinha, e com quatro repetições cada, totalizando 36 parcelas experimentais. Os tratamentos foram, MC1: Pousio + plantio direto (PD); MC2: Pousio + preparo convencional (PC); CS1: *C. spectabilis*; CS2: *P. glaucum*; CS3: *U. ruziziensis*; CS4: *C. cajan*; IC1: Milho+*C. spectabilis*; IC2: Milho+*U. ruziziensis*. MIX: Mix: *P. glaucum* + *C. spectabilis* + *C. cajan* + *U. ruziziensis*; IC2: Milho+*U. ruziziensis*. As variáveis analizadas foram fitomassa das culturas de coberturas (kg ha^{-1}), taxa de cobertura de solo (%), população de daninhas (plantas/m^2), fitomassa seca de plantas daninhas (kg ha^{-1}), controle de infestação de daninhas (%), infestação de daninhas (%) e a produtividade da soja (kg ha^{-1}). Todos foram implantados após a colheita da soja, sendo constituído por pousio, culturas anuais e de cobertura (solteira e consorciada). Os resultados demonstram que o uso de culturas anuais e de cobertura em safrinha é uma ferramenta eficiente no manejo integrado de plantas daninhas. Os tratamentos CS2, CS3 e o MIX apresentaram potencial na redução da infestação e desenvolvimento de espécies invasoras ao longo do período de entressafra, além de aumentos significativos de produtividade de grãos de soja semeada em sucessão.

Palavras-chave: consórcio, plantio direto, soja

ABSTRACT

ANNUAL AND COVER CROPS IN WEED MANAGEMENT ON GRAINS PRODUCTION SYSTEMS

In the cultivation of grains such as soybeans, weeds can cause productivity losses due to competition from natural resources and even difficulty in harvesting grains. The no-tillage system can provide the agroecosystem with the suppression of weeds by the phytomass layer that covers the soil, in addition to being associated with nutrient cycling, water use efficiency, among others. The objective of this work was to identify annual and cover crops that promote weed suppression and increase in grain yield in soybean production systems under no-tillage in the consolidation phase. The experiment was installed at the Federal University of Mato Grosso, Rondonópolis university campus. For this work, the harvests of 2017/2018, 2018/19, 2019/2020 and 2020/21 were analyzed. The soil in the area is classified as Oxisol. The reserarch was conducted in a randomized block design, with nine production systems sown in the off-season, and with four replications each, totaling 36 experimental plots. The treatments were, MC1: Fallow + no-tillage (PD); MC2: Fallow + conventional preparation (PC); CS1: *C. spectabilis*; CS2*: P. glaucum*; CS3: *U. ruziziensis*; CS4: *C. cajan*; IC1: Corn+*C. spectabilis*; IC2: Corn+*U. ruziziensis*. MIX: Mix: *P. glaucum* + *C. spectabilis* + *C. cajan* + *U. ruziziensis*; IC2: Corn+*U. ruziziensis*. The analyzed variables were phytomass of cover crops (kg ha^{-1}), soil cover rate (%), weed population (plants/m²), dry phytomass of weeds (kg ha^{-1}), control of weed infestation. weeds (%), weed infestation (%) and soybean yield (kg ha^{-1}).All were implemented after the soybean harvest, consisting of fallow, annual and cover crops (single and intercropping). The results demonstrate that the use of annual and cover crops in off-season is an efficient tool in the integrated management of weeds. Treatments CS2, CS3 and MIX showed potential to reduce infestation and development of invasive species during the off-season, in addition to significant increases in soybean grain yield sown in succession.

Keywords: consorptium, no-till soybean

INTRODUÇÃO

As plantas daninhas, por meio da competição por água, luz e nutrientes com as culturas de interesse agrícola, podem causar redução na produtividade de grãos e dificuldade na colheita (FRANDOLOSO et al., 2019). Espécies como capim-colchão (*Digitaria horizontalis*), capim timbete (*Cenchrus echinatus*), beldroega (*Portulaca oleracea*) e erva-de-touro (*Tridax procumbens*) têm demonstrado dificuldade de controle por parte dos produtores. Isso tem despertado interesse para técnicas que possam ser utilizadas para auxiliar o controle químico no manejo integrado de plantas daninhas, bem como, reduzir a emissão de carbono à atmosfera e aumentar a eficiência no uso dos recursos hídricos e energéticos dos sistemas agrícolas destinados à produção de grãos.

Neste contexto, o sistema plantio direto (SPD) se destaca como uma alternativa de manejo do solo capaz de, por meio do cultivo de plantas de cobertura, promover a supressão de plantas daninhas. Ademais, o SPD é uma prática conservacionista que visa o mínimo de revolvimento do solo, a rotação de culturas e cobertura permanente do solo (BERTONI & NETO, 2012). É ainda uma tecnologia conservacionista do solo por promover uma agricultura de baixa emissão de carbono ao elevar os teores de matéria orgânica, além de proporcionar melhorias físicas, químicas e biológicas no solo, aumentar a eficiência da ciclagem de nutrientes e manter a umidade e menor amplitude térmica do solo (MATEUS et al., 2004).

O controle das plantas daninhas é possível por meio da fitomassa das culturas de cobertura, que atua como uma barreira física que limita a passagem da luz solar e dificulta a germinação das sementes e o crescimento das plântulas (BORGES et al., 2013). A cobertura vegetal uniforme sobre o solo é capaz de reduzir a infestação por plantas daninhas e promover melhorias na estrutura, fertilidade e eficiência no uso da água do solo (PERIN et al., 2004). Para tanto, as espécies de cobertura a serem utilizadas no Cerrado precisam ser adaptadas às condições edafoclimáticas do bioma para produzirem quantidades e qualidade adequadas de fitomassa e promoverem tais melhorias.

Por apresentar estação seca prolongada e temperaturas elevadas nos meses seguintes, o estabelecimento de culturas de cobertura no Cerrado tem sido dificultado. Por isso atualmente o sistema de produção está baseado na sucessão de cultivos, o que acaba por limitar os benefícios do SPD. Visando contornar esse entrave, é necessário identificar opções de rotação com culturas que apresentem uma maior rusticidade, se adaptando às condições

edafoclimáticas da região, produzindo fitomassa de forma adequada a ser efetiva na supressão de daninhas (MESCHEDE et al., 2007). Além do mais, espécies de culturas mais adaptadas podem resultar em melhor competição em relação as plantas daninhas, sendo que para se obter resultados mais robustos e confiáveis, experimentos de longo prazo se torna essencial.

O conhecimento sobre o comportamento de cada espécie de cobertura é necessário para o máximo aproveitamento produtivo em sistemas de consorciação ou sucessão de culturas em sistemas agrícolas, bem como no controle de plantas daninhas. Mediante o exposto, este trabalho teve por objetivo identificar as culturas anuais e de cobertura que promovem supressão das plantas daninhas e aumento de produtividade de grãos em sistemas de produção de soja sob plantio direto em fase de consolidação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Sistema Plantio Direto no Mato Grosso

O Brasil possui 32,9 mil hectares plantados no sistema plantio direto na palha, sendo que o estado de Mato Grosso é líder nacional com 8,1 mil, seguido do Rio Grande do Sul e do Paraná contando estes com 6,0 e 4,9 mil hectares de área cultivada, respectivamente (IBGE, 2017). Cruz et al. (2010) e Borges et al. (2013) corroboram na afirmação de que o SPD é composto por diversas práticas edáficas para sua consolidação, definido que os pilares do sistema compreendem o reduzido revolvimento do solo, a rotação de culturas e a cobertura permanente do solo através da fitomassa. Porém, o conhecimento do produtor é fundamental para a adoção deste sistema em sua propriedade, assim como o treinamento de seus os funcionários para que o apliquem de maneira correta. Bertoni e Neto (2012) também definem o plantio direto como sendo uma prática conservacionista que visa o menor revolvimento do solo mantendo os restos culturais do último cultivo, o que promove a não exposição do solo diretamente a fatores externos como chuva ou radiação. Primavesi (2002) afirma que o plantio direto foi estabelecido almejando além da preservação da cobertura vegetal, a redução da mecanização o que poderia resultar em benefícios financeiros.

Para que essa prática tenha êxito, o uso de culturas de cobertura é essencial. O plantio direto dificilmente irá funcionar satisfatoriamente se o solo não estiver protegido pela

camada vegetal, porque a fitomassa proporciona diversos benefícios ao solo, como a liberação gradativa de nutrientes, o que pode ser interessante para culturas como a soja (TORRES et al, 2008, ALVARENGA et al., 2001). A adição de culturas de cobertura com propriedades potencializadoras da qualidade e fertilidade do solo são fundamentais para o sucesso dessa prática, além de ser uma ótima alternativa para a supressão de plantas daninhas que possam vir a competir por água, luz e nutrientes com a cultura principal.

O principal entrave do SPD é a rotação e a diversificação de culturas. No Brasil, atualmente o sistema de produção é baseado na sucessão de cultivos, como a soja na safra e o milho na safrinha, o que acaba limitando os benefícios oriundos do SPD (GARCIA, 2016). Estudos que apresentem opções para rotação de culturas na safrinha são importantes para resolver essa problemática. Culturas com potencial para produção de fitomassa, acúmulo e liberação de nutrientes e que proporcionem efeitos positivos para a produtividade e qualidade de grãos e sementes de soja precisam ser exploradas.

Pacheco et al. (2013), estudaram diversas plantas como potencial de uso como culturas de cobertura na safrinha. Os autores constataram que o *Pennisetum glaucum* obteve uma maior produção de fitomassa, porém a fitomassa remanescente não foi suficiente para promover a cobertura adequada do solo para a cultura sucessora em plantio direto. Nos tratamentos com *Urochloa brizantha*, *U. ruziziensis* e o consórcio *U. ruziziensis + Cajanus cajan* foi observado uma produção satisfatória de fitomassa. Diversos estudos vêm evidenciando a eficiência dessa espessa camada de fitomassa na efetiva supressão de plantas daninhas.

O SPD é uma alternativa para amenizar os impactos causados pelas técnicas da agricultura convencional. Conforme Francisco (2011), houve 38.000 kg/ha/ano de solo erodido na cotonicultura sob plantio convencional no oeste paulista e isso prejudica os fatores nutricionais e estruturais do solo. Vários estudos vêm mostrando as vantagens do sistema para o solo. Os restos culturais estimulam diversos processos físicos e biológicos no solo, reduz os efeitos negativos da erosão do solo, facilita a retenção de umidade, favorece a aeração e crescimento das plantas, suprime plantas daninhas entre outros (DO AMARAL, 2008; AMADO et al., 2001; ANDRADE et al., 2009).

Para que um sistema plantio direto seja ou não vantajoso fatores e características do solo e do clima da região de interesse devem ser analisadas. Condições edafoclimáticas do Cerrado tendem a dificultar o cultivo na entressafra e o estabelecimento de cobertura eficiente do solo. Isso porque ocorre decomposição acelerada da cobertura vegetal. Dessa

forma, é fundamental a introdução de espécies com decomposição mais lenta, como uma forma para aumentar a eficiência dessas coberturas futuramente na supressão de daninhas e liberação de nutrientes para a safra do próximo ano agrícola (MENEZES et al, 2009).

Para Alvarenga et al. (2001), a escolha das plantas para esse sistema é um fator decisivo. Conhecer a adaptação à região, sua rusticidade (habilidade de crescer em um ambiente menos favorável), seus benefícios ao solo, produção de fitomassa, velocidade de decomposição e liberação de nutrientes entre outros, proporcionam um manejo assertivo e objetivo ao sistema como um todo, pois cada planta apresenta suas próprias características o que pode viabilizar ou não o seu cultivo como cultura de cobertura. Alvarenga et al. (2001) ainda afirmam que o ideal é ter mais de uma dessas espécies aptas a serem utilizadas como cobertura vegetal pois no sistema de produção não existe uma planta que atenda a toda a demanda, além de ser uma melhor opção no que se diz respeito à preservação ambiental.

Souza et al. (2008) destaca que as espécies para a formação de fitomassa a serem utilizadas no SPD no Cerrado, além de apresentar rusticidade devido ao longo período de estiagem e altas temperaturas, devem ter um bom desenvolvimento em solos com baixa a média fertilidade, ser capazes de se adaptar a solos ácidos, ser de fácil estabelecimento, rápido desenvolvimento, e expressiva capacidade para controlar invasoras, melhorar características químicas e físicas e biológicas do solo, ser facilmente eliminadas e principalmente não competir com a cultura principal.

2.2. Culturas de cobertura e espécies de interesse para o Cerrado Mato-grossense

O termo culturas de cobertura pode ser definido como plantas usadas para manter o solo coberto na safrinha, e o seu objetivo principal é a proteção que esta técnica confere ao solo, além de outros fatores químicos e biológicos (BERTONI e NETO 2012). Ao longo das últimas décadas vários estudos vêm demonstrado os benefícios das culturas de cobertura na supressão de plantas daninhas, nas propriedades do solo e na produtividade das culturas subsequentes pela produção de fitomassa, acúmulo e posterior liberação gradativa de nutrientes da fitomassa pela sua decomposição (AITA et al., 2003; TORRES et al., 2005; ESPÍNDOLA et al., 2006; GAMA-RODRIGUES et al., 2007; PACHECO et al. 2013; MENDONÇA et al., 2015).

A fitomassa criada pelas culturas de cobertura no SPD, pode interferir nos processos físicos, químicos e biológicos do solo com possíveis interações entre eles. Efeitos físicos estão ligados a supressão de infestantes no começo do ciclo, proteção hídrica, eólica entre outros. Os efeitos químicos estão relacionados com fenômenos alelopáticos, podendo inibir a germinação e o crescimento das plantas infestantes, alterações na relação carbono/nitrogênio (C/N) e ciclagem de nutrientes. Segundo Carvalho (2012), o controle de infestantes pela alelopatia é simples, não poluente e não requer grandes investimentos para sua aplicação. Correia et al. (2006), concluíram que algumas ações biológicas podem ser beneficiadas pela presença da fitomassa, pois cria condições para instalação de uma diversificada microbiocenose na camada superficial do solo. A fitomassa também fornece abrigo para alguns insetos que revolvem o solo e com isso, distribuem a matéria orgânica e os nutrientes para as camadas mais profundas, além de favorecer as sementes da cultura depositadas no solo, onde ficam protegidas de predadores que causam danos às sementes (THEISEN e VIDAL, 1999).

Teixeira et al. (2012), ao avaliar a decomposição e ciclagem de nutrientes de culturas de cobertura em comparação com a vegetação espontânea do pousio, constataram que a utilização de milheto e sorgo como culturas de cobertura visando a reciclagem de nutrientes é mais eficaz em comparação com a vegetação espontânea. O milheto e o sorgo acumularam mais nutrientes e apresentaram uma liberação mais lenta de N e P o que torna o seu uso interessante em regiões com Latossolo Vermelho ditroférrico de textura média, pois possuem uma maior tendência à perda de nutrientes devido a sua baixa CTC. Perin et al. (2010), também estudando culturas de cobertura, verificaram que a crotalária apresentou os maiores acúmulos de P, Ca e Mg em comparação com a vegetação espontânea, e os resultados encontrados para a crotalária não se diferenciaram do milheto.

O milheto (*Pennisetum glaucum*) é uma gramínea anual pouco entouceirada, possui alta resistência ao estresse hídrico e crescimento inicial rápido. É cultivada em todo o país com a finalidade de produzir biomassa vegetal para a incorporá-la ao solo (MOREIRA e BRAGANÇA, 2010). Porém o Cerrado apresenta um grau de decomposição relativamente acelerado pelas condições edafoclimáticas do bioma. No Cerrado, é cultivado principalmente na safrinha como cobertura do solo (CARVALHO, 2012) que segundo Trezzi e Vidal (2004), é mais eficiente na supressão de plantas infestantes do que as raízes.

Gramíneas do gênero *Urochloa* são perenes, entouceiradas e que se desenvolvem nas regiões Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste do Brasil. Foram introduzidas como

forrageiras, porém fugiram ao controle se instalando em áreas de lavouras e muitas vezes tornando-se indesejáveis em função de sua competição e agressividade. No Cerrado, se destacam como cobertura do solo e pelo crescimento radicular ativo e contínuo. A elevada produção de fitomassa além de proporcionar uma eficiência na ciclagem de nutrientes e preservação do solo, contribui para a formação de uma camada espessa e uniforme sobre o solo atuando como uma barreira física o que resulta em um efetivo controle de invasoras (BETTIOL et al., 2015; SALTON, 2000).

As leguminosas são de fundamental importância para o fornecimento de nutrientes, com destaque para o nitrogênio. Quando o sistema plantio direto está estabilizado, estas possuem decomposição acelerada de seus resíduos vegetais deixando os nutrientes prontamente disponíveis para as culturas subsequentes (BETTIOL et al., 2015). Além de que algumas plantas como a Crotalária, possuem efeitos alelopáticos sobre as plantas daninhas (ALSAADAWI et al. 2011). Segundo Fernandes et al. (1999), a *Crotalária spectabilis* apresenta crescimento ereto e porte baixo a médio, além de uma arquitetura cônica, com folíolos mais largos na base e menores na terminação do caule. Estas características influenciam em pouco sombreamento, diminuindo a competição por luz, estabelecendo maior número de plantas por área.

Com o intuito de ter uma fitomassa com maior recalcitrância e fornecimento gradativo de nutrientes, tem sido muito utilizado o consórcio entre gramíneas e leguminosas. Giacomini et al. (2003) relataram que o consórcio entre as duas famílias produz uma fitomassa com relação C/N intermediária àquela das espécies em cultivo isolado. Isso resulta em redução na taxa de decomposição dos resíduos das leguminosas, proporcionando cobertura de solo por mais tempo e liberação de N de forma mais lenta para a cultura subsequente, além de proporcionar uma excelente opção para o controle de plantas infestantes.

2.3. Efeitos de supressão de plantas daninhas por culturas de cobertura

A fitomassa da cultura de cobertura causa um importante efeito físico em plantas daninhas que possuem sementes fotoblásticas positivas e também para as que precisam de alta variação de amplitude térmica diária para iniciar o processo germinativo. A fitomassa remanescente proporciona o sombreamento do solo o que inibe a germinação das sementes

ou dificulta a fotossínte de plântulas de algumas espécies de infestantes, o que concede a soja uma vantagem no início de seu desenvolvimento, que é o momento mais crítico do ciclo de crescimento (MATEUS et al., 2004).

Culturas de cobertura capazes de produzir matéria seca vem desempenhando um papel efetivo na supressão de daninhas nos últimos anos. Borges et al., (2014), avaliando o efeito supressivo que plantas de cobertura desempenham sobre daninhas utilizando diferentes densidades de semeadura, puderam concluir que as gramíneas *U. ruziziensis* e *S. sudanense,* desempenharam um efeito supressivo notório sobre as plantas daninhas, independentemente das densidades de semeadura. Os autores ainda pontuam que houve uma expressiva redução na biomassa seca e densidade de infestantes, e as plantas foram capazes de produzir cobertura do solo superior a 80% que se manteve até o florescimento da soja. Braz et al., (2006), também puderam observar benefícios no cultivo de culturas de cobertura. Em seu trabalho eles constataram que a *Urochloa brizantha* e o *Panicum maximum* cv. Mombaça foram culturas promissoras para a redução de plantas daninhas, expressados pela notória redução do número de *E. heterophylla* quando comparados aos demais tratamentos.

Em sua pesquisa sobre a fitossociologia de plantas daninhas e o rendimento de grãos da cultura do feijão-caupi cultivado sobre fitomassa de plantas de cobertura, Pereira et al., (2020) puderam também observar que a fitomassa remanescente no solo pelo cultivo de culturas de cobertura causou alteração na composição da comunidade de plantas daninhas nos tratamentos. Devido a cobertura do solo o capim-tanzânia promoveu uma supressão de plantas daninhas aos 13 dias após a emergência da cultura. Ainda é ressaltado pelos autores que o maior rendimento de grãos de feijão caupi foram obtidos com o uso de capim-marandu, capim-ruziziensis e capim-tanzânia.

São Miguel et al., (2018a), analisando os primeiros anos de implantação de SPD, puderam observar que as culturas de cobertura foram fundamentais para o controle de infestação de daninhas. Os autores concluíram que os sistemas de produção com *Urochloa ruziziensis*, *Pennisetum glaucum*, *Crotalária spectabilis* e os consórcios com milho + *Urochloa ruziziensis*, girassol + *Urochloa ruziziensis* e milho + *Crotalária spectabilis* se mostraram promissores o manejo integrado de plantas daninhas, pois observou-se uma redução na incidência e aumento no controle de plantas daninhas. Queiroz et al (2010) que também basearam sua pesquisa nos efeitos supressórios de culturas de coberturas em sistema de plantio direto, observaram que a mucuna-preta e a crotalária foram efetivas na redução

de matéria seca e população das plantas daninhas, culminando ainda na maior produtividade de espigas comerciais de milho-verde.

Reafirmando ainda mais a importância das culturas de cobertura na supressão de plantas daninhas no sistema plantio direto, Fonseca et al., (2019) na busca por novas alternativas para o controle de *Senna obtusifolia L.* que se mostra uma planta de difícil controle e crescente resistência a herbicidas, conseguiram concluir com seu experimento que a fitomassa de crotalária, milheto e sorgo foram eficientes no controle dessa espécie de invasora. Baseado nos vários estudos que vem sendo feitos nos últimos anos pode-se afirmar que culturas de cobertura são grandes aliadas nos sistemas de plantio para o controle de plantas daninhas, o principal desafio, no entanto é identificar espécies que se estabeleçam nas diferentes condições climáticas ao redor do planeta e que também beneficiem o sistema como um todo aditando a produtividade da cultura principal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local de realização do Experimento

O experimento vem sendo conduzido desde a safra de 2013 no campo experimental da Universidade Federal Mato Grosso, campus universitário de Rondonópolis, numa latitude 16º27'41.75" sul e a uma longitude 54º34'52.55" oeste, estando a uma altitude de 292 metros.. Para o presente trabalho foram analisados os dados referentes ao quarto, quinto, sexto e sétimo anos que compreendem as safras 2017/2018, 2018/19, 2019/2020 e 2020/21. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2018), com relevo plano (Tabela 1). O clima da localidade é tropical de altitude quente úmido e conforme a classificação de Köppen é Aw (ALVARES et al., 2013). A precipitação e temperaturas médias máximas e mínimas durante a condução do experimento encontram-se na Figura 1.

Tabela 1. Caracterização química e textural do Latossolo Vermelho antes da instalação do experimento

Profundidade	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	T	V	MO	Areia	Silte	Argila
(m)	$CaCl_2$	- mg dm^{-3} -		--------- $cmol_c$ dm^{-3} -------				%	---------- g kg^{-1} ----------			
0,00-0,10	4,1	5,4	55	0,5	0,2	6,8	7,6	11	17,6	450	125	425
0,10-0,20	4,0	1,4	49	0,2	0,2	7,2	7,6	5,6	19,9	500	100	400
0,20-0,30	4,1	0,2	31	0,3	0,1	6,2	6,7	7,2	13,7	500	100	400

P = fósforo disponível; K^+, Ca_2^+ e Mg_2^+ trocáveis; H+Al = acidez potencial; T = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V = saturação por bases; e MO = matéria orgânica. Método de extração de P: Mehlich-1.

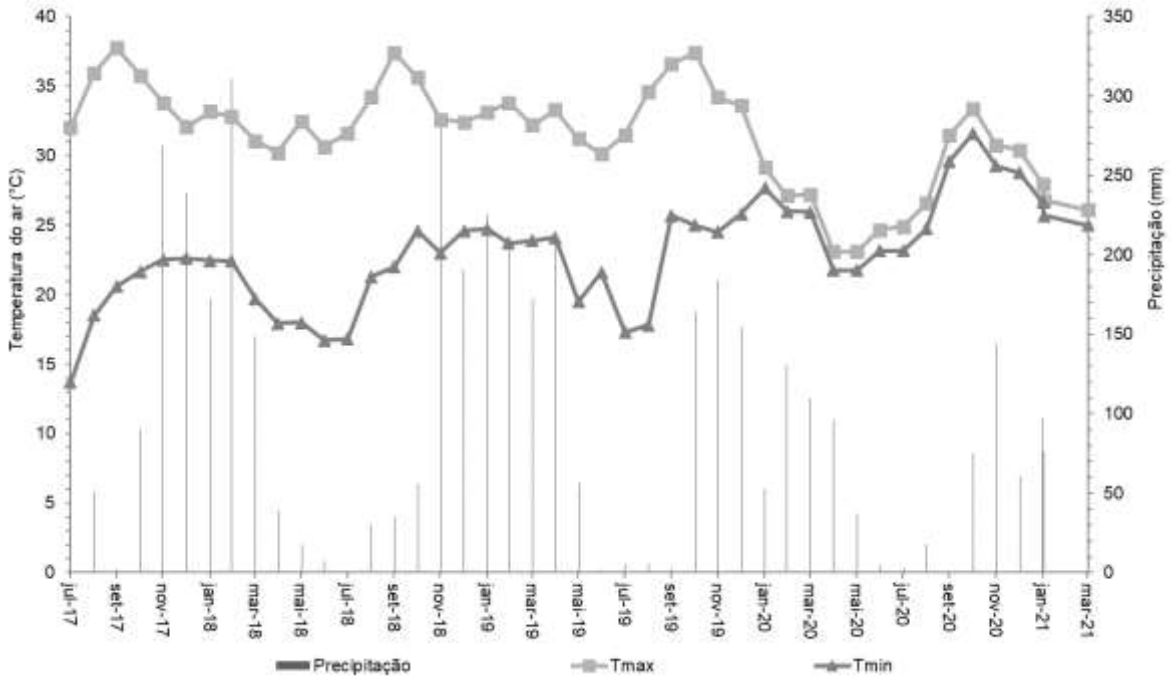


Figura 1. Precipitação mensal e temperatura mínima e máxima do ar durante a condução do experimento, em Rondonópolis-MT.

3.2. Delineamento estatístico

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados com nove sistemas de produção e quatro repetições, totalizando 36 parcelas, com unidades experimentais de 7,40 m x 9,50 m. No período de segunda safra, foram utilizadas culturas graníferas e de cobertura e na safra foi implantada a soja como cultura comercial (Tabela 2). Alguns sistemas foram modificados em alguns anos devido à adaptação das espécies às condições do Cerrado e disponibilidade de sementes.

Tabela 2. Caracterização dos tratamentos com culturas anuais e de cobertura implantados nas segundas safras entre 2017 e 2021 em Rondonópolis-MT.

Trat.	**Descrição das culturas semeadas em safrinha**			
	2017	**2018**	**2019**	**2020**
MC1	Pousio PC	Pousio PC	Pousio PC	Pousio PC
MC2	Pousio PD	Pousio PD	Pousio PD	Pousio PD
CS1	*Crotalária spectabilis* (Crot)	Crot	Crot	Crot
CS2	*Pennisetum glaucum* (Milheto)	Milheto	Milheto	Milheto
CS3	*Urochloa ruziziensis* (Braq)	Braq	Braq	Braq
CS4	*Vigna unguiculata* (Caupi)	*Cajanus cajan* (guandu)	Guandu	Guandu
IC1	Milho + *C. spectabilis* (Milho+crot)	Milho+crot	Milho+crot	Milho+crot
IC2	Milho+*Urochloa ruziziensis* (Milho+braq)	Milho+braq	Milho+braq	Milho+braq
MIX	Girassol + *U. ruziziensis*	*U. ruziziensis* + *P. glaucum* + *C. spectabilis*+*C. cajan* (MIX)	MIX	MIX

Elucidando as siglas utilizadas MC, CS, IC e MIX significam respectivamente “monocropped”, “crop succession”, “intercropped” e “cover crop mix”, que em tradução direta do inglês correspondem a monocultura, sucessão de culturas, consórcio e mistura de culturas de cobertura.

3.3. Manejo de fitomassa, semeadura e adubação das culturas de cobertura e da soja

A semeadura da soja, na safra, foi realizada entre os meses de outubro e novembro, após dessecação de manejo das culturas de cobertura, que foi feita utilizando o herbicida glyphosate (1780 g. e. a. ha^{-1}). A cultivar de soja usada nas safras de 2017/18 e 2018/19 foi a TMG 7062 iPRO já nas safras 2019/20 e 2020/2021 utilizou-se a Desafio 8473RSF,

semeadas com espaçamento entrelinhas de 0,45 m. Foi realizada a semeadura diretamente na fitomassa remanescente em todos os sistemas de produção, exceto no sistema MC1, em que as parcelas foram submetidas a duas gradagens (grade aradora + niveladora) antes da semeadura e após a avaliação da fitomassa das culturas de coberturas (FSC) e da taxa de cobertura do solo (TC).

Para culturas graníferas semeadas na segunda safra (milho e girassol) as adubações seguiram as recomendações de Souza e Lobato (2004), enquanto nas parcelas com culturas de cobertura solteiras não foram utilizados fertilizantes. A adubação da soja nas safras foi na ordem de 80 kg ha^{-1} de P_2O_5, tendo como fonte o fosfato monoamônio (MAP, com 10% de N e 52% de P_2O_5) no sulco de semeadura e 60 kg ha^{-1} de K_2O via cloreto de potássio (KCl, com 60% de K_2O), aplicados metade a lanço em pré semeadura e o restante quando a soja se encontrava em estádio fenológico V_4. Em todas as semeaduras da soja foi realizada a inoculação das sementes na dosagem de 150 mL de inoculante para cada 50 kg de sementes, apresentando a concentração bacteriana de $3x10^9$ unidades formadoras de colônias por mL, com *Bradyrhizobium japonicum*.

3.4. Fitomassa de plantas de cobertura

As avaliações de fitomassa das culturas de cobertura durante a safra foram realizadas no momento da dessecação de manejo para a semeadura da soja, ou seja, aos 0 dias após a dessecação de manejo (DAD) para a avaliação da fitomassa remanescente no solo.

A fitomassa seca foi avaliada segundo metodologia proposta por Crusciol et al. (2005), que consiste no uso de quadrado de ferro com dimensões 50 x 50 cm, no qual, a parte aérea e resíduos das culturas de cobertura foram coletados de forma aleatória em dois pontos de amostragem por parcela. Em seguida, foram submetidos a secagem em estufa com temperatura de 60 ºC, até massa constante, e posteriormente, foi realizada a limpeza manual dos resíduos sem uso de água, para obtenção da fitomassa seca.

3.5. Taxa de cobertura de solo

A taxa de cobertura do solo foi obtida com uso de um quadrado de ferro com dimensões de 0,5 x 0,5 m (0,25 m^2), com uma rede de barbantes espaçados que formam um grid de 100 pontos, nos quais, se observava a presença ou ausência de cobertura proporcionada pelos resíduos vegetais em cada um dos pontos de amostragens de fitomassa seca (Sodré Filho et al., 2004).

3.6. População e fitomassa seca de plantas daninhas

As avaliações das plantas daninhas também foram realizadas antes da dessecação para semeadura da soja, e antes do preparo do solo no tratamento MC1. A metodologia de avaliação foi adaptada de São Miguel et al. (2018a). Utilizou-se dois quadrados de ferro vazados com dimensão de 1,0 x 1,0 m (1 m^2), onde foi quantificadas as plantas daninhas presentes na área interna dos quadrados. Foi usada a média simples para a composição dos dados de cada parcela, que foram expressos em quantidade de plantas por metro quadrado.

As principais plantas daninhas avaliadas na área experimental foram o capim-colchão (*Digitaria horizontalis*), couvinha (*Porophyllum ruderale*), erva-de-touro (*Tridax procumbens*), corda-de-viola (*Ipomoea ramosíssima),* capim timbete *(Cenchrus echinatus),* trevo Alice *(Alysicarpus vaginalis),* leiteira *(Euphorbia heterophylla),* beldroega *(Portulaca oleracea)* e falsa-serralha *(Emilia sonchifolia).* No entanto, foi realizada a contabilização total das espécies presentes para a composição dos dados referentes a população total de plantas daninhas.

Nessa mesma coleta a fitomassa das plantas daninhas foi armazenada em sacos de papel e submetida à secagem em estufa com temperatura de 60 ºC, até massa constante, e posteriormente, foi realizada a limpeza manual dos resíduos sem uso de água, para obtenção da fitomassa seca.

3.7. Cálculo de infestação e controle de plantas daninhas

Para quantificar a infestação de cada espécie de daninhas, utilizou-se da seguinte equação, Infestação = $\left(\frac{\text{População da espécie avaliada}}{\text{População total}} \text{ x } 100\right)$, expressa em porcentagem e para o efeito de controle, Controle = 100 - $\left(\frac{\text{População da espécie avaliada x 100}}{\text{Média do tratamento com maior população}}\right)$, também expresso em porcentagem.

3.8. Produtividade da soja

A produtividade de grãos da soja nas safras foi avaliada por meio de coletas em duas linhas de dois metros em cada estande e a pesagem e os resultados foram expressos em kg ha^{-1} (padronizadas em 13% umidade).

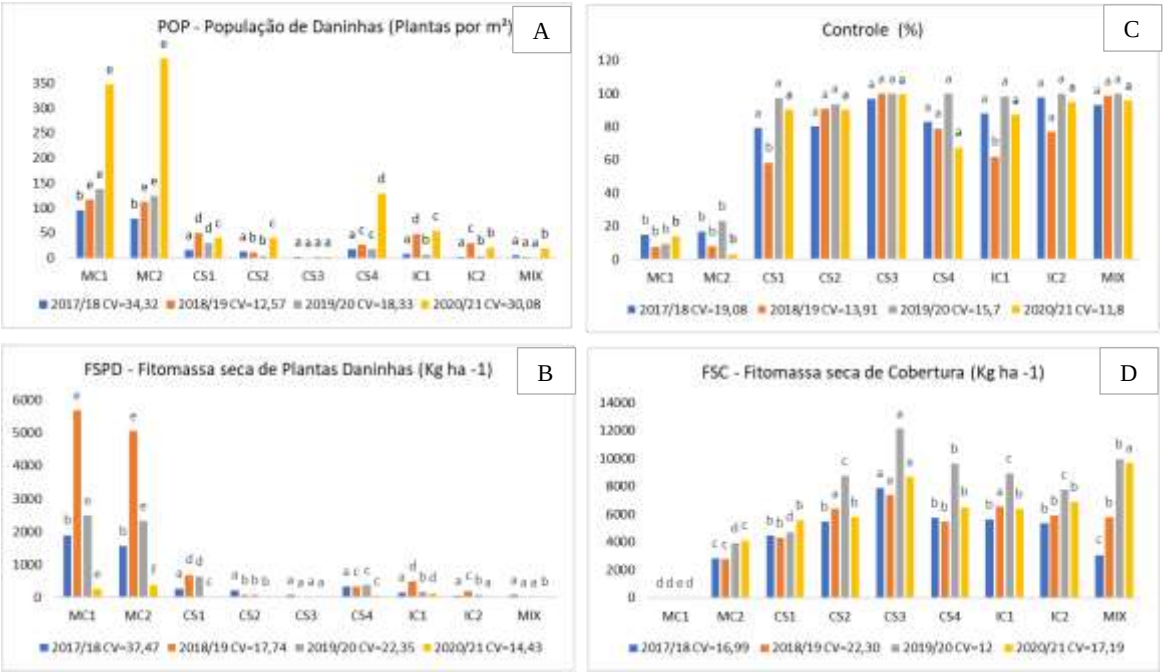
3.9. Avaliação estatística

Todos os resultados foram subtidos a análise de normalidade Shapiro-wilk e quando constatada a não normalidade os dados foram transformados através da equação X+1^0,5. Todos os conjuntos de dados precisaram ser transformadas com excessão da produtividade da soja. Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott (p = 0,10), por meio do software SISVAR 5.4 (FERREIRA, 2008). Para comparação das médias de produtividade, foram realizados os testes de boxplot e o teste de Dunnet a fim de comparar a produtividade dos demais tratamentos em relação ao tratamento controle (MC2) por meio do software R. Foi realizada ainda a análise multivariada dos dados por meio de Análise de Componentes Principais (ACP) em função da produtividade da soja e análise de regressão da componente que explicou a maior porcentagem dos dados (PC1) por meio do software R.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as culturas anuais e de cobertura foram eficientes em reduzir a população total de plantas daninhas (POP) e a fitomassa seca de plantas daninhas (FSPD) no momento da realização da dessecação de manejo para semeadura da soja em sucessão em todos os anos do experimento (Figura 2a e b).

Figura 2. População (POP), fitomassa de plantas daninhas (FSPD), fitomassa das culturas de coberturas (FSC) e controle de infestação de daninhas em sistema de plantio com sucessão a culturas anuais e de cobertura em Mato Grosso. Safras 2017/18, 2018/19, 2019/20 e 2020/21.



As médias foram comparadas por tratamento para cada ano, barras com a mesma cor que possuem a mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p<0,10$ probabilidade).

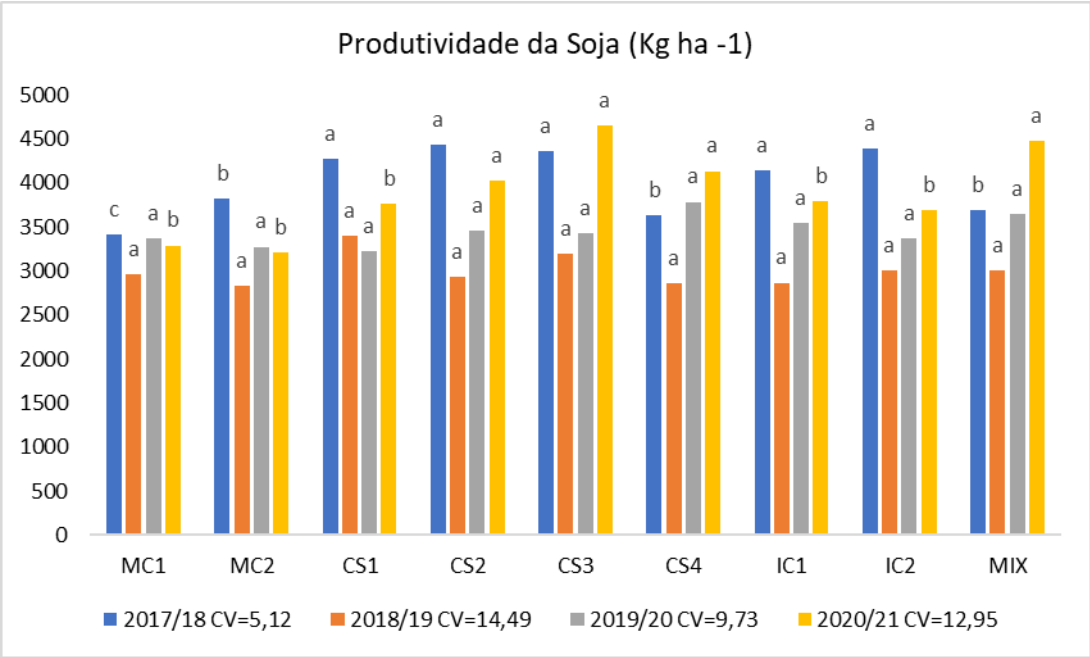
O destaque ficou por conta da *U. ruziziensis* (CS3) que em todos os anos de avaliação do estudo foi o tratamento que resultou em menor número de FSPD (Figura 2b). Concenço et al. (2015), encontraram resultados semelhantes avaliando efeitos supressórios de culturas de cobertura, em que observaram uma expressiva capacidade da *U. ruziziensis* em controlar a infestação de plantas daninhas. Estas constatações podem ser atestadas pela elevada produção de fitomassa seca pela cultura de cobertura (FSC) nesse tratamento nos quatro anos de estudo (Figura 2d).

Ainda em seu trabalho Concenço et al. (2015), puderam observar um aumento no índice de infestação em relação ao primeiro ano, fato também observado no presente trabalho. Isto pode ser explicado pelos processos naturais de dispersão de sementes das plantas, como o que ocorrem em espécies anemocóricas que dispersam suas sementes pelo vento e autocóricas onde suas sementes são dispersas por meios próprios com estruturas que se fixam em animais e percorrem longos caminhos longe da planta mãe. A mistura de sementes também pode justificar este fato, pois foi realizada a semeadura de plantas de cobertura e pode ser que algumas possuíam sementes de daninhas, o que aumenta o número de infestantes.

Apesar do aumento populacional ao longo dos anos nos demais tratamentos a *Urochloa ruziziensis* e o Mix se destacam por estarem entre os tratamentos com menor POP (Figura 2a), além de terem sido os dois principais tratamentos que contribuíram para redução da FSPD. A baixa produção de FSC no MIX na safra 2017/18 é explicado pelo fato que até esse ano nas parcelas desse tratamento estava sendo cultivado girassol+*U. ruziziensis*, no qual, a baixa qualidade da semente do girassol afetou o estande de plantas da cultura, resultando em menor produção de fitomassa. Nota-se que mesmo apresentando menor FSC no primeiro ano, o mix ainda conseguiu apresentar altos índices de controle de daninhas no mesmo período do experimento. Tal fato pode ser explicado devido ao fato de que por tratar-se de um consórcio de várias espécies com diferentes ciclos de crescimento, a competição pelos recursos naturais com as invasoras é atenuada, proporcionando assim uma efetiva ação supressora.

Nos anos subsequentes com a substituição do girassol, o mix apresentou um aumento na produção de FSC e a oscilação notada em todos os outros tratamentos de um ano para o outro foi menor neste tratamento, justificando a hipótese de que a maior diversidade de plantas no sistema de cobertura é capaz de aumentar os benefícios para a aporte a vida no solo, fato que pode ser ilustrado quando se observa a Figura 3, onde nos três últimos anos o mix esteve entre os tratamentos cuja maior produtividade da soja foi obtida.

Figura 3. Produtividade da soja cultivada em sucessão a culturas anuais e de cobertura em Mato Grosso. Safras 2017/18, 2018/19, 2019/20 e 2020/21.



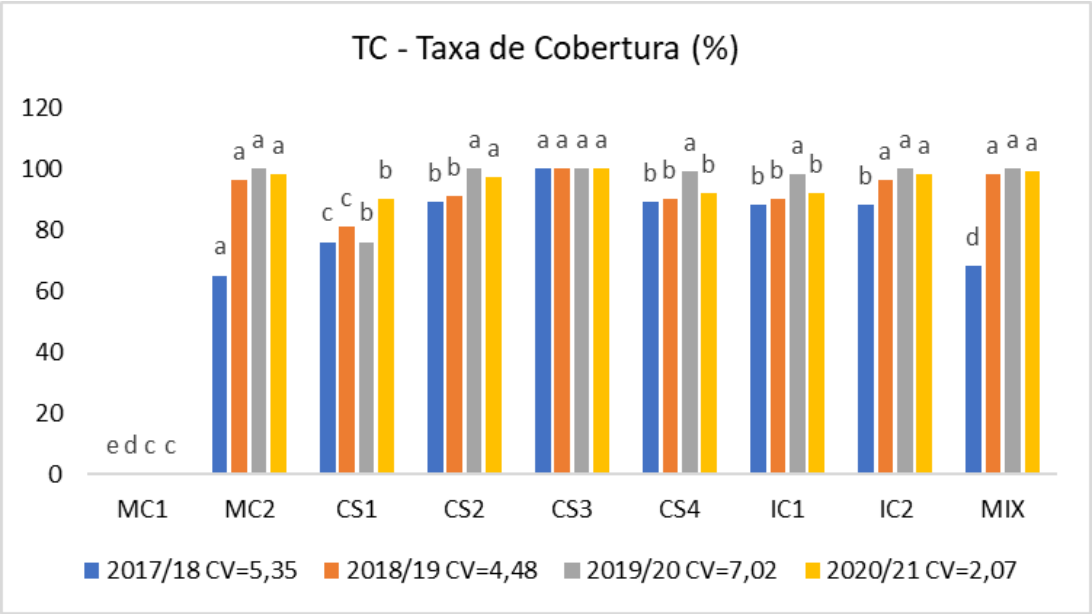
As médias foram comparadas por tratamento para cada ano, barras com a mesma cor que possuem a mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,10 probabilidade).

Corroborando com os dados do presente trabalho, Maia Júnior et al. (2019) concluíram que as coberturas vegetais de mamona e crotalária foram capazes de reduzir a incidência de plantas daninhas na cultura do caupi. Borges et al. (2014), também observaram efeitos positivos em culturas de cobertura, os autores evidenciam que o *S. sudanense e* a *U. ruziziensis* foram muito eficientes no controle de plantas daninhas, sendo responsáveis pela redução de biomassa seca de daninhas em mais de 98%. Esses resultados mostram que a presença de culturas de cobertura na entressafra é uma ferramenta importante no manejo integrado de plantas daninhas, por permitir a redução da germinação e emergência das plantas daninhas durante a entressafra, momento este, que se configura um período de intenso estresse hídrico, no qual as plantas daninhas sobressaem pela sua rusticidade e se multiplicam no sistema.

Nos tratamentos com a presença da *U. ruziziensis* observou-se a importância de sua utilização, uma vez que por se tratar de uma gramínea perene, apresentou elevado potencial em se manter viva durante a entressafra, apresentando os maiores índices de taxa de

cobertura do solo (Figura 4) assim sendo capaz de competir e suprimir a emergência e desenvolvimento das plantas daninhas. Estes resultados também foram encontrados por São Miguel et al. (2018b), onde a *U. ruziziensis* proporcionou maior produção de fitomassa em relação aos demais tratamentos após a rebrota pelas chuvas iniciais de verão. Fato também evidenciado por Lima et al. (2014) que constataram que apesar das variações durante o ciclo de desenvolvimento a *U. ruziziensis* desenvolveu a maior produção de fitomassa, cobertura vegetal do solo e supressão de plantas daninhas. Por sua vez, o MIX, a partir da safra 2018/19, teve o consórcio de duas gramíneas (*U. ruziziensis* e milheto) mais duas leguminosas (feijão-guandu e crotalária), o que contribuiu sobremaneira para aumentar a competição com as plantas daninhas durante a entressafra, uma vez que foi possível observar sinergia no crescimento das espécies de forma temporal, com algumas espécies se destacando no início e outras mais ao final da entressafra.

Figura 4. Taxa de Cobertura de culturas de cobertura em sistema de plantio com sucessão a culturas anuais e de cobertura em Mato Grosso. Safras 2017/18, 2018/19, 2019/20 e 2020/21.



As médias foram comparadas por tratamento para cada ano, barras com a mesma cor que possuem a mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,10 probabilidade).

De modo geral as taxas de cobertura do solo (TC) promovidas pela fitomassa não pareceu ser um bom indicativo de aferição para o manejo de plantas daninhas, uma vez que,

o pousio sem revolvimento (MC2) esteve entre os tratamentos com maior TC em todos os anos de avaliação, mesmo com baixa produção de fitomassa. É importante destacar que o método para aferição da TC utilizado nesse estudo não leva em consideração a espessura da camada de cobertura pela fitomassa sobre a superfície do solo, ou seja, mensura apenas se o solo está ou não coberto. Desta forma, é possível afirmar que a fina camada de fitomassa que cobria o solo nesse tratamento não foi suficiente para interceptar a radiação solar de chegar à superfície do solo e, assim, permitir a germinação e emergência das plantas daninhas.

Em todos os anos de avaliação foi observado que as culturas anuais e de cobertura presentes na entressafra resultaram em significativas taxas de controle, com alguns tratamentos (*U. ruziziensis* (CS3) e MIX), alcançando valores entre 92% e 100% de controle (Figura 2 C). Esses resultados além de ser reflexo da competição por recursos naturais entre as plantas, observa-se também o efeito das fitomassas das culturas de cobertura em promover a interceptação de radiação solar, aumento da atividade microbiana que possa se alimentar do banco de sementes das plantas daninhas, e também a liberação de aleloquímicos pela exsudação radicular das plantas e durante a mineralização dos resíduos vegetais.

Alsaadawi et al. (2011), em experimento conduzido ao sul de Bagdá, Iraque, extraíram diversas substâncias alelopáticas do girassol como os ácidos clorogênico, isoclorogênico, cafeico, gálico, siríngico, hidroxil benzóico, p-cumárico, ferúlico e vanílico que foram capazes de controlar espécies de daninhas e ainda adicionar nutrientes provindos do extrato ao solo. Tal estudo pode elucidar o mix ter se destacado no controle de daninhas na safra 2017/18 (Figura 2b) mesmo que sua FSC e TC tenham sido a mais baixas quando comparadas as demais coberturas (Figuras 2d e 4). É importante destacar que a perspectiva de maior controle das plantas daninhas por meio das culturas de cobertura pode resultar em maior eficiência do uso dos recursos hídricos nos sistemas agrícolas. Isso é possível, uma vez que, com menor quantidade de plantas daninhas por unidade de área se reduz as perdas de água por evapotranspiração, e assim, resultar em maior economia de água para ser aproveitada pelas culturas de interesse econômico que são semeadas em sucessão.

As duas espécies com maior infestação no estudo foram a *Digitaria horizontalis*, seguida por *Cenchrus echinatus* (Tabelas 3 e 4) visto que juntas responderam por mais de 90% do total de plantas daninhas encontradas no experimento. É importante destacar que a espécie dominante na presente área de estudo foi a *Digitaria horizontalis*, uma espécie que, segundo Mondo et al. (2010), é fotoblástica positiva e necessita de luz para germinação, no

qual, a presença da fitomassa das culturas de cobertura sobre o solo se torna um agente importante no manejo. Desta forma, fica claro a importância das culturas de cobertura como tecnologia viável para aumentar a eficiência no uso de recursos energéticos, por auxiliar os herbicidas no manejo das plantas daninhas, possibilitando muitas vezes utilizar a menor dose recomendada para o manejo químico das lavouras. Além do mais, a baixa infestação de plantas daninhas favorece a maior eficiência no uso dos recursos hídricos pelas culturas de cobertura na entressafra e, principalmente, na cultura da soja semeada em sucessão.

Tabela 3. Parâmetros fitossociológicos de infestação das quatro principais espécies de daninhas nas safras 2017/18 e 2018/19 em função dos sistemas de produção com culturas anuais e de cobertura de solo.

	Infestação de Daninhas (%)							
	D.hor	*A.vagin*	*I.ram*	*A.ten*	*D.hor*	*T.proc*	*P.rud*	*C.ech*
	Safra 17/18				Safra 18/19			
MC1	99,0 b	0,2 ^{ns}	0,1^{ns}	0,1 b	58,2 b	0,2 ^{ns}	0,0 a	41,0 b
MC2	99,0 b	0,3	0,3	0,0 a	56,1 b	0,4	1,2 b	40,4 b
CS1	98,0 a	0,5	0,0	0,0 a	97,7 c	0,9	0,4 a	0,0 a
CS2	99,0 b	0,0	0,2	0,0 a	94,2 c	0,0	0,8 b	1,3 a
CS3	99,0 b	0,4	0,1	0,0 a	0,0 a	0,0	0,0 a	0,0 a
CS4	99,0 b	0,1	0,7	0,0 a	93,4 c	0,0	0,0 a	4,2 a
IC1	97,0 a	0,1	0,4	0,0 a	98,0 c	0,0	0,0 a	1,1 a
IC2	97,0 a	0,0	0,3	0,0 a	97,6 c	0,6	0,0 a	0,0 a
MIX	97,0 a	0,2	0,1	0,0 a	60,3 b	0,0	0,0 a	10,7 a
CV	0,36	0,37	0,03	0,02	17,66	24,24	18,56	46,98

As médias foram comparadas por tratamento para cada ano, médias que possuem a mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p<0,10$ probabilidade).
ns – não significativa pelo teste Scott-Knott ($p<0,10$ probabilidade).

Tabela 4. Parâmetros fitossociológicos de infestação das quatro principais espécies de daninhas nas safras 2019/20 e 2020/21 em função dos sistemas de produção com culturas anuais e de cobertura de solo.

	Infestação de Daninhas (%)							
	D.hor	*C.ech*	*E.het*	*P.ole*	*D.hor*	*A.vag*	*I.ram*	*C.ech*
	Safra 17/18				Safra 18/19			
MC1	48,0 b	50,0 c	0,0 ns	0,0 ns	5,2 a	0,0 a	1,5 ns	93,2 c
MC2	51,0 b	47,0 b	0,0	0,0	11,7 a	0,0 a	6,5	81,6 b
CS1	88,0 b	0,0 a	3,0	3,0	92,7 c	2,2 a	0,2	0,4 a
CS2	67,0 b	0,0 a	0,0	0,0	79,1 c	0,0 a	5,0	0,0 a
CS3	25,0 a	0,0 a	0,0	0,0	12,5 a	0,0 a	4,1	0,0 a
CS4	72,0 b	0,0 a	7,0	18,0	96,2 c	0,4 a	0,0	0,2 a
IC1	50,0 b	0,0 a	0,0	19,0	80,0 c	5,8 a	5,7	0,0 a
IC2	63,0 b	0,0 a	0,0	0,0	83,9 c	0,0 a	0,7	2,2 a
MIX	0,0 a	0,0 a	0,0	0,0	47,6 b	25,2 b	4,4	0,0 a
CV	12,14	0,89	2,47	7,64	17,41	58,25	54,39	13,51

As médias foram comparadas por tratamento para cada ano, médias que possuem a mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,10 probabilidade).
ns – não significativa pelo teste Scott-Knott (p<0,10 probabilidade).

Quanto aos dados de produtividade média da soja (Figura 3) entre os anos 2017/18 e 2020/21, é importante destacar que houve efeito das culturas anuais e de cobertura. Os tratamentos com *U. ruziziensis* (CS3), seguido por MIX e milheto (CS2) se posicionaram entre os melhores tratamentos. Esses resultados foram confirmados pelo teste Dunnett (Figura 5; Tabela 5), no qual a *U. ruziziensis* ($p \leq 0,01$**)**, MIX ($p \leq 0,05$**)** e milheto ($p \leq 0,05$**)** contrastaram com a testemunha (pousio com preparo convencional - MC2). Os dados apresentados nesse estudo são oriundos do quarto ao sétimo ano do experimento, sendo que, no MIX a consorciação entre as quatro espécies de culturas de cobertura iniciou-se apenas a partir do ano de 2018/19 (três últimos anos). Dessa forma, entende-se que esse sistema ainda está em fase de consolidação, o que se faz esperar que nos próximos anos tenha uma resposta ainda mais expressiva no aumento da produtividade da soja semeada em sucessão. Rosa (2009), estudando o tempo de implantação de um sistema plantio direto, começou a observar efeitos positivos significativos nas propriedades físico-mecânicas do solo após cinco anos e meio de uso do sistema em seu experimento.

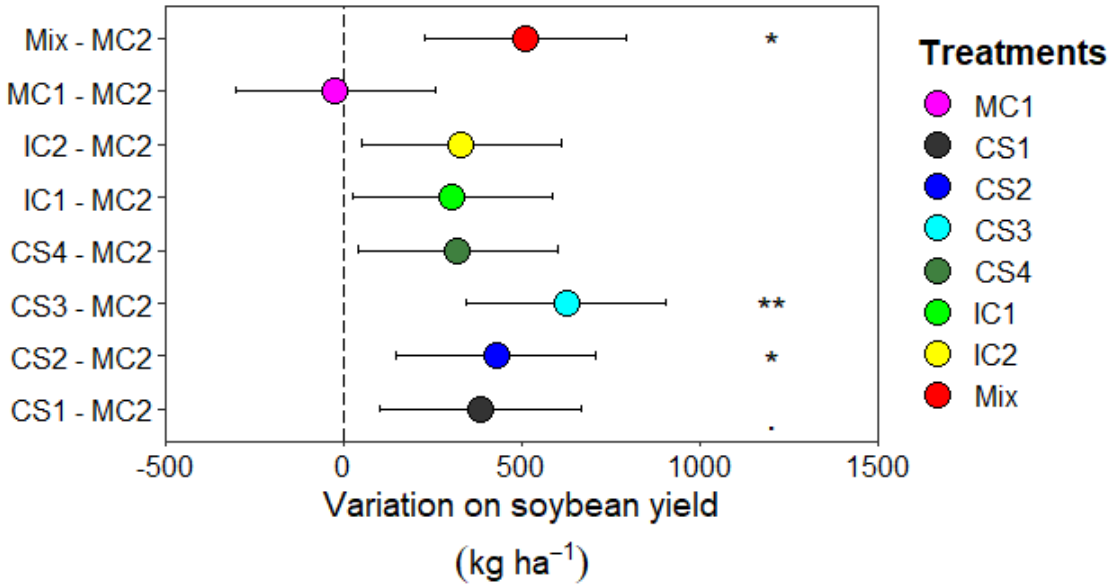


Figura 5. Resumo dos resultados do *post-hoc* teste de Dunnett para os efeitos dos diferentes tratamentos na produtividade de grãos de soja em relação ao tratamento padrão (MC2 – pousio sem revolvimento). *** p ≤ 0,001. ** p ≤ 0,01. * p <0,05. ns p> 0,05.

Tabela 5. Resultados resumidos do teste post-hoc de Dunnett para os efeitos de diferentes tratamentos no rendimento de grãos de soja.

Contraste	**Estimativa**	**SE**	**d.f.**	***t*-valor**	***p*-valor**	**Signif.**
MC1 – MC2	–23,66	143,57	24,00	–0,16	1,000	
CS1 – MC2	383,67	143,57	24,00	2,67	0,078	
CS2 – MC2	427,57	143,57	24,00	2,98	0,041	*
CS3 – MC2	624,67	143,57	24,00	4,35	0,002	**
CS4 – MC2	319,44	143,57	24,00	2,23	0,186	
IC1 – MC2	304,95	143,57	24,00	2,12	0,222	
IC2 – MC2	330,38	143,57	24,00	2,30	0,162	
Mix – MC2	510,35	143,57	24,00	3,55	0,011	*

A estimativa indica a diferença na produção (kg ha^{-1} ano^{-1}) de cada tratamento em relação ao controle (MC2). SE, erro padrão da média; d.f., graus de liberdade; relação t, relação entre Estimativa e SE. Signif. códigos. códigos de significância representados por: *** p ≤ 0,001. ** p ≤ 0,01. * p <0,05. ns p> 0,05.

Pela Análise de Componente Principais (Figura 6), fica evidente a correlação positiva entre a POP e os tratamentos em pousio (MC1 e MC2), onde ambos os tratamentos se distanciam do agrupamento composto pelos demais dados estando plotados em valores mais altos de POP. Por outro lado, a quantidade de fitomassa das culturas de cobertura (FSC) e o

controle estão associadas aos tratamentos com culturas anuais e de cobertura na entressafra. Esses resultados se tornam ainda mais expressivos com a CP1 sendo responsável por 92% da variação do conjunto de dados. Na Tabela 6 são apresentados os autovalores que representam a contribuição dos vetores de cada variável para a variabilidade dos dados dentro de cada componente da PCA, sendo que quanto maior a contribuição, maior é a variabilidade dos dados. Ficou evidente a contribuição das variáveis FSC e do controle na produtividade de grãos da soja em sucessão. Esses resultados reforçam a importância das culturas anuais e de cobertura como ferramenta de diversificação florística para auxiliar no manejo integrado de plantas daninhas na agricultura.

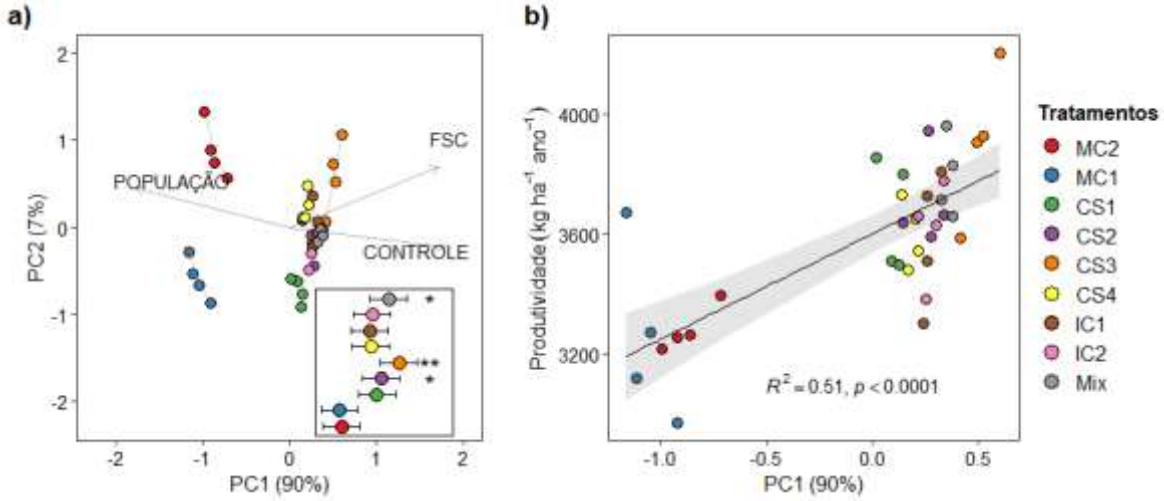


Figura 6. Análise de componentes principais (PCA) das variáveis relacionadas às plantas daninhas e ao rendimento de grãos de soja de 2017 a 2020 (a) e a relação entre o primeiro componente (PC1) e o rendimento médio de grãos da soja em quatro anos de avaliação (b). A caixa inserida na análise de PCA descreve o teste de Tukey para produtividade de grãos de soja em relação as demais variáveis. FSC: fitomassa seca de culturas de cobertura.

Tabela 6. Resumo da análise de componentes principais (PCA) para o efeito de diferentes tratamentos na produtividade de grãos da soja.

Medição/variáveis	PC1	PC2
Autovalores	2.70	0.21
Variância explicada (%)	90	7
Contribuição		
FSC	1.71	0.69
Controle	1.79	-0.22
População	-1.76	0.44

FSC: fitomassa seca de culturas de cobertura.

Os tratamentos com *U. ruziziensis* (CS3) e MIX estão entre as maiores produtividades médias de soja nos quatro anos de coletas de dados do experimento (Figura 6a). Mais uma vez fica evidente que a tecnologia que envolve o emprego de culturas de cobertura como ferramenta de diversificação dos sistemas agrícolas resultou em aumento da eficiência no uso da água e dos recursos energéticos, onde os herbicidas conseguem melhor eficiência de controle pela presença de plantas daninhas menos desenvolvidas no momento da dessecação de manejo para semeadura da soja.

A análise de regressão (Figura 6c), ilustra ainda mais a correlação entre a primeira componente (PC1) e a produtividade média da soja nos quatro anos avaliados, onde seu comportamento linear permite observar que todos os tratamentos apresentaram maior produtividade em relação aos pousios (MC1 e MC2). Uma observação relevante é que o sistema com braquiárias (CS3), seguido pelo MIX, atingiram o ponto máximo da equação. Esses resultados comprovam que os benefícios das culturas anuais e de cobertura no manejo das plantas daninhas resultaram em aumento de produtividade de grãos da soja.

5. CONCLUSÕES

- As culturas anuais e de cobertura implantadas durante a entressafra são uma ferramenta importante para reduzir a infestação e promover o controle das plantas daninhas para os sistemas de produção de soja.
- A *U. ruziziensis* e o MIX (consórcio de culturas de cobertura) foram eficientes para a supressão física de plantas daninhas fotoblásticas positivas como a *Digitaria horizontalis*, sendo seu maior índice de incidências nos tratamentos com menor taxa de cobertura de solo.
- Os tratamentos com *U. ruziziensis*, seguido por MIX e Milheto resultaram nas maiores produtividades médias de grãos de soja semeada em sucessão em plantio direto.

6. REFERÊNCIAS

Aita C, Giacomini SJ. Decomposição e liberação de nitrogênio dos resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2013;27:601- 612.

Alsaadawi IS, Khaliq A, Al-Temimi AA, Matloob, A. Integration of sunflower (*Helianthus annuus*) residues with a pre-plant herbicide enhances weed suppression in broad bean (*Vicia faba*). **Revista Planta Daninha**. 2011;29:849-59.

Alvarenga RC, Cabezas WAL, Cruz JC, Santana DP. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário.** 2001;22(208):25-36.

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology.** 2013;113:407–427.

Amado TJC, Bayer C, Eltz FLF, Brum ACR. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2001;25(1):189-197.

Andrade RS, Stone LF, Silveira PM. Culturas de cobertura e qualidade física de um latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2009;13(4):411–418.

Braz AJBP, Procópio SO, Cargnelutti Filho A, Silveira PM, Kliemann HJ, Cobucci T, Braz GBP. Emergência de plantas daninhas em lavouras de feijão e de trigo após o cultivo de espécies de cobertura de solo. **Revista Planta Daninha**. 2006;24(4):621-628.

Bertoni J, Neto F.L. **Conservação do Solo**. 8° ed. São Paulo: Ícone; 2012.

Borges WLB, Freitas RS, Mateus GP, Sá ME, Alves MC. Supressão de plantas daninhas utilizando plantas de cobertura do solo. **Revista Planta Daninha [online].** 2014;32(4). Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-83582014000400010

Borges WLB, Freitas RS, Mateus GP. Plantas de cobertura no controle de plantas daninhas. **Apta Regional Pesquisa & Tecnologia.** 2013;10(1).

Bettiol JVT, Pedrinho A, Merloti LF, Bossolani JW, Sá ME. Plantas de Cobertura, Utilizando *Urochloa ruziziensis* solteira e em Consórcio com Leguminosas e seus Efeitos Sobre a Produtividade de Sementes do Feijoeiro. **Uniciências**. 2015;19(1):3-10.

Carvalho WP. **Plantas de cobertura no controle de infestantes no sistema orgânico de produção** [Tese]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2012.

Correia NM, Durigan JC, Klink UP. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na emergência de plantas daninhas. **Revista Planta Daninha.** 2006;24(2).

Concenço G, Ceccon G, Marques RF, Marschall IR, Alves MÊS, Palharini W G, Galon L. Cultivos de outono-inverso na supressão de plantas daninhas em soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias.** 2015;10(2):205-210.

Crusciol CAC, Cottica RL, Lima EV, Andreotti M, Moro E, Marcon E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira.** 2005;40:161-168.

Cruz JC, Viana JHM, Alvarenga RC, Filho IAP, Santana DP, Pereira FTF, Hernani LC. **Cultivo do milho.** EMBRAPA Milho e Sorgo, 2010.

Do Amaral AJ, Bertol I, Cogo NP, Barbosa FT. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um cambissolo húmico da região do planalto sul-catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** 2008;32:2145-2155.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5. ed. Brasília; 2018.

Espindola JAA, Guerra JGM, Almeida DL, Teixeira MG, Urquiaga S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** 2006;30:321-328.

Fonseca WL, Sousa TO, Santos AS, Oliveira JBS, Pacheco LP, Zuffo AM, Fonseca RL, Lima WN. Influência de culturas de cobertura na emergência do fedegoso (*Senna obtusifolia*). **Ciência em foco** [recurso eletrônico] / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera, Bruno Rodrigues de Oliveira. – Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2019. ISBN 978-65-81460-00-6. Disponível em: https://www.editorapantanal.com.br/ebooks/2019/ciencia-em-foco/ebook.pdf#page=62

Fernandes MF, Barreto AC, Filho JE. Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** 1999;34(9):1593-1600.

Ferreira DF. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium.** 2008;6(1):36-41.

Francisco AB. A erosão de solos no extremo oeste paulista e seus impactos no campo e na cidade. **Revista GEOMAE - Geografia, Meio Ambiente e Ensino**. 2011;2(2).

Frandoloso F, Galon L, Gabiatti RL, Bianchessi F, Holz CM, Menegat AD, Santin CO, Reichert FW, Franceschetti MB, Bagnara MAM, Agazzi LR, Forte CT. Competition of maize hybrids with alexandergrass (’Urochloa plantaginea’). **Australian Journal of Crop Science**. 2019;13(9):1447–1455.

Gama-Rodrigues AC, Gama-Rodrigues EF, Brito EC. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste fluminense-RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2007;31:1421-1428.

Garcia RA. Diversificação do sistema produtivo: estratégia para superar entraves da sucessão de culturas. **Portal Noticias**. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/14364329/artigo---diversificacao-do-sistema-produtivo-estrategia-para-superar-entraves-da-sucessao-de-culturas>. Acesso em: 16/03/2021.

Giacomini SJ, Aita C, Vendruscolo ERO, Cubilla M, Nicoloso RS, Fries MR. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2003;27:325-334.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censo Agropecuário 2017**.

Lima SF, Timossi PC, Almeida DP, Da Silva UR. Fitossociologia de plantas daninhas em convivência com plantas de cobertura. **Revista Caatinga**. 2014;27(2):37-47.

Maia Júnior SO, Andrade JR, Andrade LR, Santos CM, Silva LKS, Medeiros AS, Reis LS. Solarização e cobertura morta no solo sobre a infestação de plantas daninhas no feijão-caupi (*Vigna unguiculata*). **Revista de Ciências Agroveterinárias.** 2019;18(4). Disponível em: https://doi.org/10.5965/223811711832019466.

Mateus GP, Crusciol CAC, Negrisoli E. Palhada do sorgo de guiné gigante no estabelecimento de plantas daninhas em área de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2004;39:539-42.

Mendonça VZ, Andreotti M, Pariz C. Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 2015;39:183-193.

Menezes LAS, Leandro WM, Oliveira Junior JP, Ferreira ACB, Santana JG, Barros RG. Produção de fitomassa de diferentes espécies, isoladas e consorciadas, com potencial de utilização para cobertura do solo. **Bioscience Journal**. 2009;25(1):7-12.

Meschede DK, Ferreira AB, Ribeiro Junior CC. Avaliação de diferentes coberturas na supressão de plantas daninhas no Cerrado. **Revista Planta Daninha**. 2007;25(3):465-471.

Moreira HJC, Bragança HBN. **Manual de identificação de plantas infestantes - Cultivos de verão**. EMBRAPA, Campinas – SP. 2010. Disponível em: https://www.embrapa.br/trigo/transferencia-de-tecnologia/parceria-ocb/-/asset_publisher/NcEJiyaj6Jrz/document/id/13060932?inheritRedirect=false. Acesso em: 01/02/2021.

Mondo VHV, Carvalho SJP, Dias ACR, Marcos Filho J. Efeitos da luz e temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de plantas daninhas do gênero Digitaria. **Revista Brasileira de sementes** [online]. 2010;32(1):131-137. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000100015.

Pacheco LP, Barbosa JM, Leandro WM, Machado PLOA, Assis RL, Madari BE, Petter FA. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2013;48:1228-1236.

Pereira LS, Oliveira GS, Costa EM, Sousa GD, Silva JN, Silva HF, Jakelaitis A. Manejo de plantas daninhas e rendimento de feijão-caupi utilizando plantas de cobertura do solo. **Brazilian Journal of Development**. 2020;6(5):23044-23059.

Perin A, Guerra JGM, Teixeira MG, Zonta E. Cobertura do solo e estoque de nutrientes de duas leguminosas perenes, considerando espaçamentos e densidades de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2004;28(1):207-13.

Perin A, Santos RHS, Caballero SSU, Guerra JGM, Gusmão LA. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalária e milheto solteiros e consorciados. **Revista Ceres**. 2010;57(2):274-281.

Primavesi A. **Manejo Ecológico do Solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel; 2002.

Queiroz LR, Galvão JCC, Cruz JC, Oliveira MF, Tardin FD. Supressão de plantas daninhas e produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**. 2010;28(2):263-270.

Rosa VT. **Tempo de implantação do sistema plantio direto e propriedades físico-mecânicas de um Latossolo.** [Tese] Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2009.

Salton JC. Opções de safrinha para agregação de renda nos cerrados. **Encontro Regional de Plantio Direto no Cerrado**. Uberlândia: Plantio direto na integração Lavoura – Pecuária. Uberlândia, UFU, 2000.

São Miguel ASDC, Pacheco LP, Souza ED, Silva CMR, Carvalho ÍC. Cover crops in the weed management in soybean culture. **Planta Daninha**. 2018a;36. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100072

São Miguel ASDC, Pacheco LP, Carvalho ÍC, Souza ED, Feitosa PB, Petter FB. Phytomass and nutriente release in soybean cultivation systems under no-tillage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2018b;53(10). Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0100-204x2018001000005

Sodré Filho J, Cardoso NA, Carmona R, Carvalho AM. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2004;39:327-334.

Sousa DMG e Lobato E. Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina: **Embrapa Cerrados**, 2004. 416p.

Souza ED, Carneiro MAC, Banys VL. Fitomassa e acúmulo de nitrogênio, em espécies vegetais de cobertura do solo para um Latossolo Vermelho Distroférrico de Cerrado. **Acta Scientia Agronomica**. 2008; 30(4):525-531.

Teixeira MB, Loss A, Pereira MG, Pimentel C. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. **Idesia**. 2012;30(1).

Theisen G e Vidal RA. Efeito da cobertura do solo com resíduos de aveia preta nas etapas do ciclo de vida do capim-marmelada. **Planta Daninha**. 1999;17(2).

Torres JLR, Pereira MG, Andrioli I, Polidoro JC, Fabian AJ. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2005;29:609-618.

Torres JLR, Pereira MG, Fabian AJ. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Revista Pesquisa agropecuária brasileira**. 2008;43(3):421-428.

Trezzi MM e Vidal RA. Potencial de utilização de cobertura vegetal de sorgo e milheto na supressão de plantas daninhas em condição de campo: II - Efeitos da cobertura morta. **Planta Daninha**. 2004;22(1):1-10.