

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS-UNIGOIÁS
PRÓ-REITORIA DE ENSINO PRESENCIAL-PROEP
SUPERVISÃO DA ÁREA DE PESQUISA CIENTÍFICA-SAPC
CURSO DE AGRONOMIA

**BENEFÍCIOS DO CULTIVO DE MILHO (*Zea mays*) CONSORCIADO COM
DIFERENTES CULTURAS**

ORIENTADO/DISCENTE: GABRIEL RODRIGUES SILVA
ORIENTADOR/PROFESSOR: JOÃO ANTÔNIO GONÇALVES VAZ E SILVA

GOIÂNIA-GOIÁS
Junho/2026

GABRIEL RODRIGUES SILVA

**BENEFÍCIOS DO CULTIVO DE MILHO (*Zea mays*) CONSORCIADO COM
DIFERENTES CULTURAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de
Agronomia do Centro Universitário de Goiás-UNIGOIÁS
como requisito parcial para obtenção do título de bacharel
em Engenharia Agrônoma.

Orientador: Prof. João Antônio Vaz e Silva

GOIÂNIA-GOIÁS

Junho/2026

RESUMO

O cultivo de milho consorciado no Sistema Plantio Direto (SPD) transforma o solo em um ativo regenerativo e melhora a saúde financeira do produtor. A integração com gramíneas forrageiras ou leguminosas substitui o monocultivo por um ciclo de proteção. A palhada permanente na superfície atua como escudo térmico e hídrico contra o impacto das chuvas e a evaporação, enquanto as raízes agressivas de espécies como a *Brachiaria* realizam uma descompactação biológica, criando bioporos que favorecem a aeração, a infiltração de água e a resiliência contra veranicos. Essa diversidade biológica ativa a microbiota do solo, acelerando a ciclagem de nutrientes, aumentando o sequestro de carbono e estabilizando a estrutura da terra. A longo prazo, a eficiência do sistema reduz a dependência de fertilizantes sintéticos. O sucesso técnico exige o manejo preciso da competição entre as culturas, utilizando subdoses estratégicas de herbicidas para o "travamento" da pastagem, garantindo que o milho atinja alta produtividade. Após a colheita, a cobertura já está formada para a entressafra sem custos extras. Com a introdução do gado, o processo de reciclagem é acelerado pela conversão de biomassa em excreta, e o solo resiste ao pisoteio devido à densa rede radicular. Essa abordagem conservacionista diversifica a renda, mitiga riscos climáticos e une alta produtividade de grãos e carne à sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Biomassa. Microbioma. Conservação do solo. Palhada.

DISCENTE: GABRIEL RODRIGUES SILVA

DOCENTE: JOÃO ANTÔNIO GONÇALVES VAZ DA SILVA

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	5
2. REFERENCIAL TEÓRICO	7
2.1 EFEITO DO CULTIVO DE MILHO CONSORCIADO COM PLANTAS DE COBERTURA NA PRODUÇÃO DE MASSA SECA E NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO	7
2.2 ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE MILHO CONSORCIADO COM FORRAGEIRAS DOS GÊNEROS BRACHIARIA E PANICUM EM SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO	7
2.3 BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA EM SOLO CULTIVADO COM MILHO CONSORCIADO COM LEGUMINOSAS DE COBERTURA	8
2.4 IMPORTÂNCIA DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA	9
2.5 A RELEVÂNCIA DO PLANTIO DIRETO PARA O PRODUTOR	9
2.6 DINÂMICA DA BIOMASSA MICROBIANA E CICLAGEM DE NUTRIENTES	11
2.7 REESTRUTURAÇÃO FÍSICA DO SOLO E DESCOMPACTAÇÃO BIOLÓGICA	12
2.8 COMPETIÇÃO NUTRICIONAL E MANEJO AGRONÔMICO	13
2.9 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS E EFICIÊNCIA NO USO DE RECURSOS	15
2.10 MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS INTEGRADOS	17
2.11 INFLUÊNCIA DO PASTEJO NOS SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA (ILP)	19
2.12 TÉCNICA DE TRAVAMENTO DA PASTAGEM NO CULTIVO CONSORCIADO	20
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
REFERÊNCIAS	23
USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	25

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um cereal de fundamental importância para a economia e a segurança alimentar global, e o Brasil se consolida como um dos principais colaboradores neste cenário. O país figura como o terceiro maior produtor mundial, sendo um dos grandes exportadores globais do grão. Sua produção é vasta e diversificada, impactando diretamente a economia em diversas frentes, como a alimentação humana e animal, e a produção de etanol e outros produtos industriais.

A relevância da cultura é sublinhada pela sua utilização massiva, com cerca de 75% da produção brasileira sendo destinada à alimentação animal, especialmente nas cadeias de avicultura e suinocultura (CONAB, 2026). Geograficamente, a produção se concentra majoritariamente nas regiões Centro-Oeste e Sul/Sudeste, com destaque para o Mato Grosso, e se adapta a diferentes safras ao longo do ano, incluindo a crucial segunda safra. O volume de produção nacional atinge consistentemente mais 140 milhões de toneladas anuais, reforçando o papel estratégico do Brasil no mercado internacional (CONAB.2026)

Nos últimos anos, a busca por sistemas de produção mais sustentáveis e rentáveis, especialmente em propriedades de pequenos produtores, tem popularizado o cultivo de milho consorciado com uma cultura secundária. Essa cultura pode ser uma forrageira (visando a cobertura do solo e palhada) ou uma leguminosa (buscando a fixação de nitrogênio e a melhoria da fertilidade).

Teoricamente, o consórcio oferece benefícios como melhoria da estrutura e da qualidade do solo, ciclagem de nutrientes, controle de plantas daninhas e diversificação da renda. No entanto, a adoção dessa técnica em larga escala ainda levanta incertezas significativas. A principal delas reside no potencial antagonismo entre as culturas, levando aos seguintes questionamentos se cultura consorciada irá induzir uma competição por recursos que resulte na redução da produtividade da cultura principal (milho) ou o sistema consorciado exigirá um manejo de adubação mais intensivo, elevando os custos de produção, além de se a supressão da cultura secundária é eficaz o suficiente para garantir a formação da palhada sem prejuízos ao solo e à colheita subsequente?

A elucidação dessas dúvidas é crucial para aprimorar as recomendações técnicas e garantir a sustentabilidade e a viabilidade econômica do sistema de produção para os agricultores. A ausência de dados robustos e específicos sobre a relação entre a

produtividade do milho e os benefícios agronômicos do consórcio representa uma lacuna no conhecimento que precisa ser preenchida.

O avanço da utilização do sistema de plantio direto veio trazendo a maior necessidade do uso dos solos, quando feito a utilização do consorcio entre milho e leguminosas e/ou gramínea promove o aumento da massa seca sobre o solo e da quantidade acumulada de N, P e K, comparado ao cultivo de milho exclusivo (ORIVALDO, *et al.* 2018), tendo a partir daí um reaproveitamento de uma parte da adubação utilizado na safra anterior.

Os sistemas integrados são considerados tecnologia eficiente, barata e sustentável para a intensificação da produção de alimentos, redução de custos, riscos e conservação dos recursos naturais (SILVA *et al.*, 2022). Quando bem manejado, esse sistema facilita múltiplos serviços ecossistêmicos através do aumento do sequestro de carbono, conservação da água e do solo, recuperação de pastagens degradadas, oferta de forragem no período de entressafra, maior ciclagem de nutrientes, redução da competição com plantas invasoras e, diversificação da produção (ALVES *et al.*, 2011).

Dessa forma, o presente estudo foi conduzido buscando informações na literatura em busca de demonstrar as vantagens estabelecidas com o cultivo consorciado, e como o mesmo interfere na realidade do produtor.

2.REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 EFEITO DO CULTIVO DE MILHO CONSORCIADO COM PLANTAS DE COBERTURA NA PRODUÇÃO DE MASSA SECA E NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO.

O cultivo de milho consorciado com braquiária é mais eficiente para o aumento da massa seca e para o favorecimento da macroporosidade e redução na densidade do solo na profundidade de 0-0 cm, primeira cama do solo (MOTTIN *et al.*, 2018). O sistema de plantio direto (SPD), é uma tecnologia que visa principalmente a melhoria do solo, com objetivo de preservar as suas estruturas físicas. Porém, quando esse sistema de manejo é realizado de forma inadequada, causa a compactação do solo.

A compactação do solo é caracterizada pela redução do volume de poros; redução da taxa de difusão de oxigênio; aumento da densidade do solo; aumento da resistência física e da energia com que a água fica retida no solo (MÜLLER *et al.*, 2001). Desta forma, a utilização de plantas de cobertura do solo em consórcio com a cultura do milho é uma alternativa para aumentar a massa seca aportada ao solo, bem como aumentar a produtividade da cultura principal e ao mesmo tempo melhorar as propriedades físicas do solo.

Para isso, é necessário a conciliação de forma adequada entre a cultura do milho e as plantas de cobertura do solo, afim de evitar a competição interespecífica (DAN *et al.*, 2012), e consequentemente afetar a produtividade da cultura principal, reduzindo a renda do produtor rural.

2.2 ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE MILHO CONSORCIADO COM FORRAGEIRAS DOS GÊNERO *BRACHIARIA* E *PANICUM* EM SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO.

Devido aos grandes investimentos para a formação, recuperação, reforma, adubação e irrigação de pastagens, têm-se buscado técnicas visando à diminuição desses custos, tendo a Integração Lavoura Pecuária sob (SPD) em diversas regiões do mundo se tornado opção vantajosa, beneficiando a produção de grãos e a pecuária, além de proporcionar resultados socioeconômicos e ambientais positivos (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2000; LANDERS, 2007; TRACY & ZHANG, 2008). Atualmente, em áreas de

lavoura com solos corrigidos é comum o uso do sistema consorciado de culturas graníferas com forrageiras tropicais, principalmente as dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*.

O consórcio é estabelecido anualmente, podendo ser implantado simultaneamente à semeadura da cultura anual ou cerca de 10 a 20 dias após a sua emergência (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2000), e o conhecimento do comportamento das espécies na competição por fatores de produção evita que essa inviabilize o cultivo consorciado (KLUTHCOUSKI & AIDAR 2003). Tal sistema tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2000; KLUTHCOUSKI & AIDAR 2003; PORTELA 2003; JAKELAITIS *et al.*, 2005; ALVARENGA *et al.*, 2006; JAKELAITIS *et al.*, 2006, BORGHI & CRUSCIOL, 2007), os quais relataram que, na maioria dos estudos, a presença da forrageira não afetou a produtividade de grãos de milho.

O milho o cereal mais produzido no Brasil, cultivado em cerca de 13,1 milhões de hectares, com produção aproximada de 54,5 milhões de toneladas de grãos e produtividade média de 4.158 kg por hectare, na safra 2010/2011 torna-se fundamental em sistemas complexos, como a ILP, o conhecimento dos custos de produção para auxiliar na tomada de decisão quanto a formas de manejo que, além de promoverem aumento da produtividade, resultem em redução de custos e minimizem riscos ambientais.

2.3 BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA EM SOLO CULTIVADO COM MILHO CONSORCIADO COM LEGUMINOSAS DE COBERTURA

A utilização de plantas de cobertura de solo e adubação verde é uma alternativa ecológica e econômica de manejar adequadamente o solo, possibilitando o equilíbrio das propriedades físicas, químicas e biológicas, que giram em torno do sistema solo-planta (SOUZA *et al.*, 2008). A adubação verde, seja em consórcio ou sucessão com outras espécies, pode gerar quantidades de matéria seca suficientes para manter o solo coberto, aumentar o teor de matéria orgânica, contribuir na ciclagem de nutrientes, no armazenamento da água, na manutenção de temperatura mais baixa na camada superficial do solo e diminuir a evapotranspiração (GIONGO *et al.*, 2011).

Além disso, favorece a ocorrência de organismos da fauna edáfica e a atividade microbiana, o que promove a ciclagem do nitrogênio e do carbono no solo (ALMEIDA *et al.*, 2016). Recentemente tem crescido na comunidade científica o interesse por indicadores do funcionamento do sistema solo, baseados na atividade microbiana

(ARAGÃO *et al.*, 2012). A biomassa microbiana é a principal responsável pela decomposição dos resíduos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia no solo, podendo ter influência tanto na transformação da matéria orgânica, quanto na estocagem do carbono e nutrientes minerais (JENKINSON e LADD, 1981).

Além disso, vem sendo utilizada como indicador de alterações e de qualidade do solo (SIX *et al.*, 2006), uma vez que está associada às funções ecológicas do ambiente e são capazes de refletir rapidamente as mudanças de uso do solo (JACKSON *et al.*, 2003), pois qualquer estresse no sistema afeta a densidade, a diversidade e a atividade da microbiota (MATOSO *et al.*, 2012). Portanto, a avaliação da biomassa microbiana pode ajudar a orientar os produtores a manejarem seus solos de forma mais produtiva e sustentável (ARAGÃO *et al.*, 2012).

2.4 IMPORTÂNCIA DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

No Brasil, a pecuária em áreas agrícolas marginais caracteriza-se pelo manejo extensivo, baixa fertilidade dos solos e lotação acima da capacidade de suporte o que intensifica o superpastejo e acelera a degradação das pastagens (GIL *et al.*, 2015; FIGUEIREDO *et al.*, 2017). Em resposta, técnicas de recuperação de áreas degradadas, como plantio direto, vêm sendo adotadas para restaurar a fertilidade dessas áreas e reduzir a erosão do solo, mas o crescimento das áreas degradadas e a expansão de sistemas de confinamento mantêm a pressão sobre os recursos naturais. Nessas circunstâncias, há a necessidade de sistemas sustentáveis e integrados que permitem maximizar o uso da terra e possibilitem a produção de bens por área, além de estimular a conservação dos recursos naturais (SILVA *et al.*, 2015).

Diante desse cenário, o sistema ILP emerge como estratégia sustentável para maximizar a produtividade por área e recuperar terras degradadas. O sistema ILP combina culturas e pastagens em sistemas simultâneos, sequenciais ou rotativos, usando plantio direto para otimizar insumos e equipamentos e interromper ciclo de pragas e doenças. Além dos benefícios agrônômicos, o sistema ILP é uma estratégia promissora para melhorar a sustentabilidade na agricultura bem como na pecuária, particularmente dados os desafios que as mudanças climáticas e as flutuações de preços de commodities e insumos representam para o setor agrícola.

2.5 A RELEVÂNCIA DO PLANTIO DIRETO PARA O PRODUTOR

O Sistema Plantio Direto, o qual consiste no plantio logo após a colheita, representa a maior evolução tecnológica da agricultura tropical e subtropical, consolidando-se como o pilar fundamental para o produtor rural que busca aliar rentabilidade à preservação do patrimônio solo. Diferente do sistema convencional, que expõe a terra ao impacto direto das intempéries por meio do revolvimento mecânico, o SPD baseia-se em um complexo equilíbrio biológico onde a ausência de preparo inicial, a cobertura permanente com palhada e a rotação de culturas formam uma tríade de proteção e regeneração. Para o produtor, a relevância dessa prática manifesta-se inicialmente na drástica redução dos processos erosivos e na melhoria da estrutura física do solo. Como destacado por Mottin *et al.* (2018; 2022), a manutenção de resíduos vegetais na superfície cria uma barreira contra o selamento superficial e a compactação, permitindo que as raízes das culturas — muitas vezes agindo como "arados biológicos" — penetrem em profundidade e criem bioporos que otimizam a infiltração de água e a aeração, fatores críticos para a sobrevivência das lavouras em períodos de veranico (MÜLLER *et al.*, 2001).

Do ponto de vista biológico, o plantio direto transforma o solo em um organismo vivo e dinâmico. A estabilidade do ambiente, livre de arações constantes, favorece o desenvolvimento da biomassa microbiana e das comunidades fúngicas e bacterianas que são as verdadeiras operárias da fertilidade. Conforme discutido por Alves *et al.* (2011) e Araújo *et al.* (2019), sistemas sob plantio direto apresentam maior atividade enzimática e ciclagem de nutrientes mais eficiente, uma vez que a matéria orgânica é preservada e acumulada nas frações de carbono e nitrogênio (MATOSO *et al.*, 2012). Essa "vida do solo" não apenas melhora a nutrição das plantas, mas também reduz a dependência excessiva de insumos químicos, já que micro-organismos como os fungos micorrízicos e as bactérias fixadoras de nitrogênio encontram um habitat propício para atuar em simbiose com as culturas comercializadas.

Economicamente, a relevância para o produtor é direta e mensurável no fluxo de caixa da propriedade. A eliminação das operações de preparo pesado resulta em uma economia substancial de combustível diesel, redução nas horas-máquina e menor desgaste de equipamentos, o que prolonga a vida útil do maquinário agrícola. Além disso, o controle cultural exercido pela palhada sobre as plantas daninhas, ao impedir a luz de atingir o banco de sementes no solo, reduz a pressão de infestação e a necessidade de intervenções frequentes com herbicidas (DAN *et al.*, 2012). Essa eficiência operacional

permite ao produtor uma maior agilidade no plantio, aproveitando janelas climáticas ideais que são determinantes para o sucesso da safra.

2.6 DINÂMICA DA BIOMASSA MICROBIANA E CICLAGEM DE NUTRIENTES.

A compreensão da saúde do solo em sistemas tropicais migrou de uma visão puramente química para uma abordagem biológica, onde a Biomassa Microbiana do Solo (BMS) é reconhecida como o componente mais dinâmico e sensível às mudanças de manejo. Segundo Jenkinson & Ladd (1981), a BMS funciona simultaneamente como um dreno e uma fonte de nutrientes. No contexto do milho consorciado, essa dinâmica é potencializada pela presença de sistemas radiculares distintos que ocupam diferentes nichos no perfil do solo.

Diferente do monocultivo, onde o aporte de resíduos é homogêneo, o consórcio de milho com leguminosas ou forrageiras introduz uma diversidade de resíduos radiculares e diferentes relações C/N (Carbono/Nitrogênio). Alves *et al.* (2011) e Araújo *et al.* (2019) demonstram que essa heterogeneidade bioquímica estimula a atividade enzimática e aumenta o quociente metabólico. Leguminosas de cobertura, em particular, fornecem resíduos ricos em nitrogênio que aceleram a decomposição da palhada do milho (mais rica em carbono), otimizando a ciclagem de nutrientes (GIONGO *et al.*, 2011).

Essa interação é vital em solos de baixa fertilidade natural, como os de regiões semiáridas ou de Tabuleiros Costeiros. Souza *et al.* (2008) reforçam que a introdução de novas espécies de cobertura é essencial para manter a funcionalidade biológica nesses ambientes, permitindo que a microbiota processe a matéria orgânica de forma mais eficiente, mesmo sob estresse hídrico.

O aumento da biomassa está diretamente correlacionado com a capacidade do solo em sequestrar carbono. Six *et al.* (2006) argumentam que a contribuição bacteriana e fúngica é determinante para a formação de agregados estáveis, que protegem a matéria orgânica da oxidação rápida. Em Argissolos sob sistemas de cobertura no Sul do Brasil, Almeida *et al.* (2016) observaram que a manutenção de plantas vivas por mais tempo durante o ano (característica intrínseca ao consórcio) garante um fluxo contínuo de energia para os micro-organismos, elevando os níveis de carbono biomassa.

A estabilidade da comunidade microbiana é um indicador de qualidade do solo (IQS). Aragão *et al.* (2012) ressaltam que, ao avaliar indicadores de recuperação no Nordeste Paraense, a biologia do solo responde mais rapidamente que os atributos

químicos tradicionais. O manejo de preparo do solo também influencia essa dinâmica; Jackson *et al.* (2003) alertam que o revolvimento do solo desestabiliza a estrutura fúngica, enquanto o Sistema Plantio Direto, frequentemente associado ao consórcio de milho, preserva a integridade das hifas e a simbiose micorrízica.

Ademais, a decomposição de "coquetéis vegetais" em sistemas consorciados promove uma liberação de nutrientes que coincide com a curva de absorção da cultura sucessora. Como observado por Souza & Guimarães (2013), o rendimento de massa dos adubos verdes tem um impacto direto na fertilidade residual, permitindo que o milho beneficie-se de um ambiente biologicamente "ativado". Essa sinergia entre o crescimento vegetal e a microbiota consolida o consórcio não apenas como técnica de produção, mas como uma estratégia de biofortificação do sistema solo-planta.

2.7 REESTRUTURAÇÃO FÍSICA DO SOLO E DESCOMPACTAÇÃO BIOLÓGICA.

A degradação física do solo, manifestada principalmente pela compactação, é um dos maiores entraves à produtividade agrícola sustentável. Em sistemas de monocultivo, o tráfego de máquinas e a ausência de diversidade radicular tendem a criar camadas adensadas que restringem o crescimento das plantas. O consórcio de milho surge como uma solução de "engenharia biológica", onde diferentes arquiteturas radiculares atuam na restauração da porosidade.

O conceito de descompactação biológica baseia-se na capacidade de certas raízes penetrarem em camadas de solo com elevada resistência mecânica. Müller *et al.* (2001) destacam que a compactação em subsuperfície afeta severamente o crescimento aéreo e radicular das culturas; no entanto, espécies utilizadas em consórcio, como a *Brachiaria brizantha*, possuem um sistema radicular fasciculado e agressivo.

Essas raízes criam bioporos estáveis que permanecem no solo após a senescência da planta, facilitando a penetração das raízes da cultura sucessora. Chieza *et al.* (2013) confirmam que áreas sob milho consorciado apresentam propriedades físicas superiores às de áreas em monocultivo, com melhor distribuição de agregados e maior condutividade hidráulica.

A persistência da palhada sobre a superfície é o primeiro escudo contra a degradação física. Mottin *et al.* (2018; 2022) demonstram que a produtividade de biomassa resultante do cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura (tanto no outono quanto no inverno) é significativamente maior. Esse aporte de massa seca protege

o solo contra o impacto direto das gotas de chuva (selamento superficial) e contra as oscilações térmicas extremas.

Em regiões de solos frágeis, como os Tabuleiros Costeiros citados por Souza *et al.* (2008), a manutenção dessa cobertura é vital para evitar a erosão hídrica e a consolidação do solo. A biomassa não atua apenas como cobertura morta, mas como um substrato que, ao se decompor, libera agentes cimentantes orgânicos que auxiliam na estabilidade dos agregados.

Um dos maiores receios na adoção da integração é a compactação pelo pisoteio animal. Contudo, as evidências sugerem que o consórcio bem manejado neutraliza esse efeito. Tracy & Zhang (2008) observaram que a dinâmica dos nutrientes e a estrutura física dentro de sistemas ILP em solos de clima temperado e tropical podem ser mantidas se houver uma produção de biomassa radicular vigorosa.

A presença do milho, associado a gramíneas forrageiras, cria uma "cama" de resíduos que suporta melhor a carga dos animais. Como salientado por Kluthcouski *et al.* (2000) e Alvarenga *et al.* (2006), a tecnologia do Sistema Santa Fé permite que a pastagem formada no consórcio apresente uma densidade de raízes tão elevada que a recuperação da estrutura física do solo ocorre simultaneamente ao período de pastejo.

A reestruturação física promovida pelo consórcio reflete-se diretamente na eficiência hídrica do sistema. Ao romper camadas compactadas, o consórcio aumenta a macroporosidade, essencial para a drenagem rápida e aeração, e a microporosidade, responsável pela retenção de água.

Estudos de Giongo *et al.* (2011) indicam que a utilização de coquetéis vegetais em sistemas consorciados melhora o balanço hídrico, um fator determinante para a resiliência em anos de veranicos. Esse benefício físico é complementado pelo acúmulo de carbono nas frações orgânicas (MATOSO *et al.*, 2012), o que aumenta a capacidade de troca catiônica (CTC) e a retenção de umidade por forças coloidais, tornando o sistema produtivo menos dependente de precipitações constantes.

2.8 COMPETIÇÃO NUTRICIONAL E MANEJO AGRONÔMICO.

O sucesso produtivo de um consórcio não depende apenas da escolha das espécies, mas do controle rigoroso da competição pelos recursos limitantes: luz, água e nutrientes. Segundo Borghi e Crusciol (2007), a interferência negativa da forrageira sobre o milho pode reduzir a produtividade de grãos se não houver um manejo adequado do dossel e do tempo de convivência.

A estratégia de plantio é o primeiro passo para mitigar a competição. O milho, por possuir metabolismo C-4 e alta demanda luminosa, deve estabelecer dominância inicial. Alvarenga *et al.* (2006) e Kluthcouski *et al.* (2000) descrevem que, no Sistema Santa Fé, a forrageira (geralmente *Brachiaria*) pode ser semeada simultaneamente ao milho, porém em profundidades maiores ou em linhas intercaladas, o que atrasa sua emergência em relação à cultura principal.

O ajuste do espaçamento entre as linhas de milho também é crucial. Borghi e Crusciol (2007) observaram que espaçamentos reduzidos podem aumentar a competitividade do milho por luz, sombreando a forrageira e limitando seu crescimento excessivo durante o ciclo reprodutivo do cereal.

O uso de herbicidas é a ferramenta mais eficaz para regular a taxa de crescimento da espécie consorciada. Jakelaitis *et al.* (2005; 2006) demonstram que a aplicação de subdoses de herbicidas seletivos (como o nicosulfuron) não elimina a braquiária, mas promove uma paralização temporária do seu desenvolvimento ("choque"), permitindo que o milho feche o dossel sem concorrência direta.

Essa técnica, amplamente validada por Portela (2003), garante que a forrageira permaneça viva no sub-bosque do milho, pronta para retomar o crescimento vigoroso logo após a colheita dos grãos. Além disso, o controle de plantas daninhas latifoliadas e gramíneas invasoras torna-se mais complexo no consórcio, exigindo conhecimento profundo sobre a seletividade dos produtos para ambas as culturas consorciadas (DAN *et al.*, 2012).

A competição por nutrientes, especialmente o nitrogênio, é um ponto crítico. Orivaldo *et al.* (2018) ressaltam que o milho consorciado com gramíneas e leguminosas exige um manejo de adubação nitrogenada mais robusto, pois a forrageira também demanda nitrogênio para a formação de biomassa.

No entanto, a longo prazo, essa "competição" inicial se transforma em benefício. À medida que a palhada das plantas de cobertura se decompõe, há uma liberação gradual de nutrientes que favorece a sucessão. Giongo *et al.* (2011) e Souza e Guimarães (2013) destacam que a sincronia entre a mineralização dos resíduos e a necessidade da cultura seguinte é o que define a eficiência do sistema, reduzindo perdas por lixiviação que são comuns em sistemas de monocultivo.

Embora o manejo do consórcio seja mais complexo que o do monocultivo, ele oferece maior estabilidade econômica. Muniz *et al.* (2007) utilizaram análise de risco para demonstrar que, mesmo que ocorra uma leve redução na produtividade do milho devido

à competição, o ganho com a pastagem formada ou com a melhoria do solo compensa o investimento.

A integração, conforme defendida por Kluthcouski e Aidar (2003) e Landers (2007), transforma a competição interespecífica em uma ferramenta de otimização da área, onde o resíduo da adubação do milho é aproveitado pela forrageira, eliminando o custo de implantação de uma pastagem isolada e garantindo a sustentabilidade do Sistema Plantio Direto.

2.9 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS E EFICIÊNCIA NO USO DE RECURSOS.

A introdução de plantas de cobertura no sistema de cultivo de milho altera drasticamente a dinâmica das comunidades de plantas infestantes e a eficiência com que o sistema aproveita os nutrientes disponíveis. De acordo com Dan *et al.* (2012), o consórcio funciona como um método de controle cultural altamente eficaz, utilizando a competição por nicho ecológico para suprimir espécies indesejadas.

A estratégia de controle de plantas daninhas no consórcio baseia-se em dois pilares: o sombreamento e o efeito físico da palhada. O milho, ao estabelecer seu dossel precocemente, e a forrageira (como a *Brachiaria*), ao ocupar o espaço entrelinhas, reduzem a incidência de radiação solar diretamente no solo. Isso inibe a germinação de sementes fotoblásticas positivas, que são a base de muitas populações de invasoras (DAN *et al.*, 2012).

Além disso, a biomassa residual (palhada) produzida pelo consórcio atua como uma barreira física e, em alguns casos, alelopática. Mottin *et al.* (2018; 2022) ressaltam que o alto volume de massa seca gerado no sistema de plantio direto dificulta a emergência de plântulas infestantes. Esse controle "biológico" reduz a necessidade de múltiplas aplicações de herbicidas de pós-emergência, diminuindo a pressão de seleção para biótipos resistentes e os custos de produção (JAKELAITIS *et al.*, 2006).

A eficiência no uso de recursos minerais é potencializada pela diversidade radicular. Enquanto o milho extrai nutrientes de camadas mais superficiais, as raízes profundas das plantas de cobertura (especialmente forrageiras e certas leguminosas) atuam como uma "bomba biológica", recuperando nutrientes que foram lixiviados para camadas subsuperficiais (SOUZA *et al.*, 2008).

A decomposição desses resíduos vegetais promove uma liberação gradual e sustentada de nutrientes. Giongo *et al.* (2011) e Souza e Guimarães (2013) demonstram

que o uso de coquetéis vegetais permite uma melhor sincronia entre a mineralização da matéria orgânica e a demanda nutricional da cultura subsequente. Isso é particularmente crítico para o nitrogênio e o potássio, que são altamente móveis no solo. Em sistemas de sucessão orgânica ou de baixa disponibilidade de fertilizantes, essa reciclagem é o fator que garante a manutenção da fertilidade do solo a longo prazo.

O consórcio também otimiza o recurso hídrico. A cobertura constante do solo reduz as perdas por evaporação direta, mantendo a umidade por períodos mais longos. Aragão *et al.* (2012) e Matoso *et al.* (2012) apontam que solos com maiores teores de carbono orgânico (proveniente da biomassa do consórcio) possuem maior capacidade de retenção de água.

Essa resiliência hídrica é um diferencial competitivo em regiões com veranicos frequentes. A melhoria na estrutura física aliada ao controle de plantas daninhas — que competiriam ferozmente por água — resulta em um sistema onde cada milímetro de chuva é melhor aproveitado pela cultura de interesse econômico (SOUZA *et al.*, 2008).

A integração dessas funções (controle de invasoras e ciclagem de nutrientes) reflete-se na viabilidade econômica discutida por Muniz *et al.* (2007). Ao reduzir a necessidade de fertilizantes minerais sintéticos e defensivos químicos, o produtor aumenta sua margem de lucro e diminui o impacto ambiental. Como sintetizado por Landers (2007) e Kluthcouski e Aidar (2003), o consórcio de milho não é apenas uma técnica de plantio, mas uma estratégia de gestão de recursos naturais que define a eficiência da agricultura de conservação moderna.

2.10 MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS INTEGRADOS.

A manutenção da qualidade do solo em sistemas integrados, como a Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e o Sistema Santa Fé, baseia-se na sinergia entre os componentes vegetal e animal, que trabalham de forma complementar para sustentar a fertilidade e a estrutura física da terra. Segundo Aragão *et al.* (2012), a qualidade do solo deve ser compreendida como a sua capacidade de funcionar dentro de um ecossistema para sustentar a produtividade biológica, e é justamente essa funcionalidade que é potencializada quando se abandona o monocultivo. Em sistemas integrados, a presença constante de raízes vivas e o aporte diversificado de biomassa garantem que os indicadores de qualidade — sejam eles químicos, físicos ou biológicos — permaneçam em níveis superiores aos observados em sistemas convencionais.

Do ponto de vista biológico, a manutenção da qualidade é assegurada pela estabilidade da biomassa microbiana. Como discutido por Alves *et al.* (2011) e Araújo *et al.* (2019), o solo sob integração funciona como um reservatório dinâmico de nutrientes, onde a atividade microbiana é estimulada pela diversidade de resíduos (palhada de gramíneas e leguminosas) e pelos exsudatos radiculares. Essa microbiota robusta é responsável por processar a matéria orgânica e transformar o carbono em frações estáveis, o que é essencial para o sequestro de carbono em agro ecossistemas (SIX *et al.*, 2006). A ciclagem de nutrientes torna-se mais eficiente, pois os resíduos de alta relação C/N das gramíneas forrageiras, ao se decomporem mais lentamente, oferecem proteção prolongada, enquanto o componente animal acelera a reciclagem via excreta, devolvendo nutrientes ao solo de forma prontamente disponível (GIONGO *et al.*, 2011).

Fisicamente, a qualidade do solo é mantida através da "cama de palhada" e da estrutura radicular das forrageiras. Um dos grandes diferenciais dos sistemas integrados é a capacidade de suportar o pisoteio animal sem comprometer a porosidade. Tracy e Zhang (2008) reforçam que, desde que haja uma produção vigorosa de biomassa radicular e aérea, o impacto físico do gado é neutralizado pela resiliência do sistema. As raízes fasciculadas da *Brachiaria*, por exemplo, funcionam como uma rede que sustenta a estrutura dos agregados, prevenindo a compactação e mantendo os canais de infiltração de água e trocas gasosas ativos (CHIEZA *et al.*, 2013; MOTTIN *et al.*, 2022).

A manutenção da fertilidade em longo prazo em sistemas integrados permite que o produtor recupere áreas degradadas com menor aporte de insumos externos. Kluthcouski e Aidar (2003) e Alvarenga *et al.* (2006) salientam que o efeito residual da adubação da lavoura de milho é aproveitado pela pastagem subsequente, criando um ciclo virtuoso de aproveitamento de recursos. Essa gestão sistêmica da qualidade do solo, defendida por Landers (2007), é o que garante que a exploração agrícola não esvazie o "banco de fertilidade" da terra, mas, pelo contrário, o capitaliza através da deposição contínua de matéria orgânica e da preservação da vida microbiana em profundidade (MATOSO *et al.*, 2012).

2.11 INFLUÊNCIA DO PASTEJO NOS SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA (ILP).

A introdução do componente animal em áreas de cultivo agrícola, através do pastejo, altera significativamente a dinâmica de ciclagem de nutrientes e a estrutura física do solo. Diferente do que se acreditava em modelos tradicionais, o pastejo em sistemas

de ILP bem manejados não é um fator de degradação, mas um catalisador da fertilidade sistêmica. Conforme apontado por Kluthcouski *et al.* (2000) e Alvarenga *et al.* (2006), o animal atua como um processador biológico, ingerindo a forragem produzida no consórcio com o milho e devolvendo-a ao solo na forma de urina e fezes, o que acelera a mineralização de nutrientes que, de outra forma, estariam imobilizados na palhada por mais tempo.

A principal influência do pastejo reside na velocidade de retorno dos nutrientes ao sistema. Giongo *et al.* (2011) e Souza e Guimarães (2013) observam que a decomposição natural da biomassa vegetal pode ser lenta dependendo da relação C/N; contudo, a passagem dessa biomassa pelo trato digestivo dos ruminantes disponibiliza prontamente nitrogênio, fósforo e potássio em formas assimiláveis pelas culturas sucessoras. Essa reciclagem eficiente permite que o produtor otimize o uso de fertilizantes minerais, aproveitando o "efeito residual" da adubação do milho que foi convertido em carne e leite, e que agora retorna ao solo para nutrir a próxima safra (Kluthcouski & Aidar, 2003).

No que tange às propriedades físicas, a influência do pastejo é frequentemente associada ao risco de compactação superficial pelo pisoteio. No entanto, estudos de Tracy e Zhang (2008) demonstram que em sistemas sob Plantio Direto, a presença de uma camada espessa de palhada e um sistema radicular vigoroso — como o da *Brachiaria* consorciada — atuam como um amortecedor hidropneumático. A estrutura do solo é preservada pela alta densidade de raízes fasciculadas que aumentam a resistência mecânica do solo ao peso dos animais, mantendo a macroporosidade e a taxa de infiltração de água (CHIEZA *et al.*, 2013; MOTTIN *et al.*, 2022).

Além disso, o pastejo moderado estimula o perfilhamento das gramíneas e a renovação do sistema radicular, o que incrementa o aporte de carbono orgânico nas camadas mais profundas do perfil (MATOSO *et al.*, 2012). Essa renovação constante da biomassa radicular é fundamental para manter a atividade da biomassa microbiana (ALVES *et al.*, 2011), garantindo que o solo permaneça biologicamente ativo. Como ressaltado por Muniz *et al.* (2007) e Landers (2007), o pastejo planejado transforma a ILP em um sistema de "ganha-ganha", onde a produtividade animal é maximizada na entressafra sem comprometer — e muitas vezes melhorando — o rendimento da lavoura subsequente, consolidando a viabilidade econômica e ambiental da propriedade.

2.12 TÉCNICA DE TRAVAMENTO DA PASTAGEM NO CULTIVO CONSORCIADO.

O sucesso produtivo do consórcio entre milho e forrageiras tropicais, como as do gênero *Urochloa* (*syn. Brachiaria*), depende fundamentalmente da manipulação do vigor da pastagem durante as fases críticas de estabelecimento do milho. A técnica de "travamento" ou supressão temporária consiste na aplicação de herbicidas em subdoses para reduzir a taxa de crescimento da forrageira, impedindo que ela compita por luz, água e nutrientes com o milho, sem, contudo, causar a morte da planta de cobertura. Segundo Jakelaitis *et al.* (2005; 2006), essa intervenção é vital para garantir que o milho estabeleça seu dossel e atinja seu potencial produtivo, enquanto a pastagem permanece em um estado de dormência induzida no sub-bosque da lavoura.

O travamento é geralmente realizado com herbicidas inibidores da enzima ALS (como o nicosulfuron), aplicados quando o milho apresenta entre quatro e seis folhas totalmente expandidas. De acordo com Portela (2003), o uso dessas subdoses promove uma redução na área foliar e no acúmulo de biomassa da gramínea consorciada, o que minimiza a interferência interespecífica discutida por Borghi e Crusciol (2007). Essa estratégia permite que o milho, com seu metabolismo C-4 e arquitetura ereta, domine o estrato superior do sistema, enquanto a forrageira "travada" mantém o solo protegido e inicia seu desenvolvimento vigoroso apenas após a senescência das folhas do milho ou após a colheita dos grãos.

A precisão técnica no travamento é o que diferencia o sucesso do Sistema Santa Fé de um possível fracasso agrícola. Kluthcouski *et al.* (2000) e Alvarenga *et al.* (2006) enfatizam que, se a dose for excessiva, pode ocorrer a morte da pastagem, inviabilizando a formação da palhada ou da área de pastejo na entressafra; se for insuficiente, a competição da braquiária pode reduzir significativamente a produtividade de grãos. Portanto, o manejo de supressão deve considerar a fertilidade do solo, a cultivar de milho utilizada e as condições climáticas, uma vez que o milho consorciado com gramíneas exige uma atenção redobrada à adubação nitrogenada para compensar a demanda simultânea das espécies (ORIVALDO *et al.*, 2018).

Além dos aspectos produtivos, o travamento contribui para a manutenção da qualidade biológica do solo. Ao manter a forrageira viva, porém contida, o sistema garante a continuidade do desenvolvimento radicular e o suporte à biomassa microbiana (ALVES *et al.*, 2011; ARAÚJO *et al.*, 2019), sem o estresse de um revolvimento mecânico ou da dessecação total precoce. Como ressaltado por Dan *et al.* (2012), essa

técnica também auxilia no controle de outras plantas daninhas latifoliadas, pois a braquiária "travada" ainda ocupa espaço físico no solo, dificultando a emergência de invasoras fotoblásticas e otimizando o uso de recursos sistêmicos defendido por Landers (2007) e Kluthcouski e Aidar (2003).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada dos estudos apresentados permite concluir que o cultivo de milho consorciado com forrageiras e plantas de cobertura é uma das ferramentas mais eficazes para a viabilização do Sistema Plantio Direto em regiões tropicais. A relevância dessa prática para o produtor rural é multifacetada, manifestando-se inicialmente na recuperação da saúde biológica do solo.

Como evidenciado, a manutenção de um sistema radicular diversificado e ativo eleva a biomassa microbiana e a atividade enzimática, garantindo uma ciclagem de nutrientes mais eficiente e o sequestro de carbono a longo prazo. Do ponto de vista físico, o consórcio atua como um agente de reestruturação, onde a "descompactação biológica" promovida pelas raízes agressivas das braquiárias rompe camadas adensadas e melhora a porosidade e infiltração de água. Essa melhoria estrutural, somada à proteção superficial da palhada, confere ao sistema uma retenção hídrica indispensável diante das instabilidades climáticas contemporâneas.

Tratando-se do manejo, a técnica de travamento da pastagem com subdoses de herbicidas surge como o ponto de equilíbrio necessário para harmonizar a competição nutricional, permitindo que o produtor colha altos rendimentos de grãos enquanto estabelece, simultaneamente, uma pastagem de qualidade ou cobertura para a entressafra. Esse modelo é a base da Integração Lavoura-Pecuária (ILP), que transforma o animal de um potencial agente de compactação em um acelerador de ciclos biológicos, otimizando o uso da terra e diversificando as fontes de renda da propriedade.

Em suma, a transição do monocultivo para sistemas integrados e conservacionistas não é apenas uma exigência ambiental, mas uma decisão estratégica de gestão. A adoção dessas tecnologias assegura a manutenção da qualidade do solo, reduz a dependência de insumos externos e mitiga riscos econômicos. Portanto, o consórcio de milho e o plantio direto reafirmam-se como os alicerces de uma agricultura moderna, resiliente e lucrativa, capaz de garantir a sustentabilidade do agronegócio para as futuras gerações.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. O.; BAYER, C.; ALMEIDA, H. C. Fauna e atributos microbiológicos de um Argissolo sob sistemas de cobertura no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1140-1147, 2016.

ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. Cultura do milho na integração lavoura-pecuária. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 235, p. 106-126, 2006.

ALVES, T. S. *et al.* Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 3, p. 341-347, 2011.

ARAGÃO, D. V.; CARVALHO, C. J. R.; KATO, O. R.; ARAÚJO, C. M.; SANTOS, M. T. P.; MOURÃO JUNIOR, M. Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no Nordeste Paraense. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 1, p. 11-18, 2012.

ARAÚJO, T. S. *et al.* Biomassa e atividade microbiana em solo cultivado com milho consorciado com leguminosas de cobertura. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 347-357, 2019.

ARF, O. *et al.* Benefícios do milho consorciado com gramínea e leguminosas e seus efeitos na produtividade em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 3, p. 431-444, 2018.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* no SPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

CHIEZA, E. D. *et al.* Propriedades físicas do solo em área sob milho em monocultivo ou consorciado com leguminosas de verão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 5, p. 1393-1401, 2013.

CONAB. **2026 teve alta produção de milho, mas obstáculos para a comercialização**. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/videos/milho/412987-2025-teve-alta-producao-de-milho-mas-obstaculos-para-a-comercializacao.html>. Acesso em: 26 maio. 2026.

DAN, H. A. de; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; DAN, L. G. de M.; BRAZ, G. B. P.; BALBINOT, E.; SOUSA, F. G.; REIS, R. H. P. Controle de plantas daninhas em sistemas de cultivo consorciados. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 1, p. 108-118, 2012.

FIGUEIREDO, D. F. **SISVAR: sistema de análise de variância**. Versão 4.2. Lavras: UFLA/DEX, 2018. 1 CD-ROM.

GIONGO, V.; MENDES, A. M. S.; CUNHA, T. J. F.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais para utilização no semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 611-618, 2011.

JACKSON, L. E.; CALDERON, F. J.; STEENWERTH, K. L.; SCOW, K. M.; ROLSTON, D. E. Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality. **Geoderma**, v. 114, n. 3-4, p. 305-317, 2003.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, F. C. L.; VIANA, R. G. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 59-67, 2005.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SILVA, A. F.; SILVA, L. P.; FERREIRA, L. R.; VIVIAN, R. Efeitos de herbicidas no controle de plantas daninhas, crescimento e produção de milho e *Brachiaria brizantha* em consórcio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 1, p. 53-60, 2006.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. (ed.). **Soil Biology and Biochemistry**. Nova Iorque: Marcel Decker, 1981. p. 415-471.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (ed.). **Integração lavoura-pecuária**. 1. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 185-223.

KLUTHCOUSKI, J. *et al.* **Sistema Santa Fé - Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Circular Técnica, 38).

LANDERS, J. N. Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture: the Brazilian experience. In: Integrated Crop Management. Rome: **Food and Agriculture Organization of the United Nations** (FAO), 2007. v. 5, 1. ed. p. 92.

MATOSO, S. C. G.; SILVA, A. N.; FIORELLI-PEREIRA, E. C.; COLETA, Q. P.; SOUZA, E. F. M. Frações de carbono e nitrogênio de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes usos na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.

MOTTIN, M. C. *et al.* Biomass Productivity and Physical Properties of the Soil after Cultivation of Cover Plant in the Autumn and Winter. **American Journal of Plant Sciences**, v. 9, n. 4, p. 775-788, 2018.

MOTTIN, M. C. *et al.* **Efeito do cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura na produção de massa seca e nas propriedades físicas do solo**. *Conjecturas*, v. 22, n. 9, p. 70-91, 2022.

MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 531-538, 2001.

MUNIZ, L. C.; FIGUEIREDO, R. S.; MAGNABOSCO, C. U.; WANDER, A. E.; MARTHA JÚNIOR, G. B. **Análise de risco da integração lavoura e pecuária com a utilização do system dynamics**. In: Congresso da sociedade brasileira de economia, administração e sociologia rural, 45., 2007, Londrina. Anais [...]. Londrina: SBEASR, 2007. 1 CD-ROM.

PORTELA, C. M. de O. **Efeito de herbicidas e diferentes populações de forrageiras consorciadas com as culturas de soja e milho, no Sistema Santa Fé**. 2003. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.

SILVA, R. M.; OLIVEIRA, S. L.; PEREIRA, F. A. Consórcio de milho com braquiária: manejo sustentável em sistemas de produção agrícola. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, p. 19-32, 2022

SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P. Rendimento de massa de adubos verdes e o impacto na fertilidade do solo em sucessão de cultivos orgânicos. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, p. 1796-1805, 2013.

SOUZA, K. B.; PEDROTTI, A.; RESENDE, S. C.; SANTOS, H. M. T.; MENEZES, M. M. G.; SANTOS, L. A. M. Importância de novas espécies de plantas de cobertura de solo para os Tabuleiros Costeiros. **Revista da Fapese**, v. 4, n. 2, p. 131-140, 2008.

TRACY, B. F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated crop-livestock system in Illinois. **Crop Science**, v. 48, n. 3, p. 1211-1218, 2008.