

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO TRIÂNGULO MINEIRO – *CAMPUS* UBERABA
Programa de Pós-Graduação
Mestrado Profissional Em Produção Vegetal**

ROBSON MARTINS DE OLIVEIRA

**PRODUÇÃO E CICLAGEM DE NUTRIENTES DOS RESÍDUOS DE PLANTAS DE
COBERTURA EM CULTIVO ISOLADO E CONSÓRCIOS EM ÁREAS SOB
PLANTIO DIRETO**

**UBERABA - MG
2025**

ROBSON MARTINS DE OLIVEIRA

**PRODUÇÃO E CICLAGEM DE NUTRIENTES DOS RESÍDUOS DE PLANTAS DE
COBERTURA EM CULTIVO ISOLADO E CONSÓRCIOS EM ÁREAS SOB
PLANTIO DIRETO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, para conclusão e obtenção do Título de Mestre em Produção Vegetal.

Linha de Pesquisa: Solo e Água no Cerrado

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Rodrigues Torres

**UBERABA - MG
2025**

Ficha Catalográfica elaborada pelo Setor de Referência do IFTM –
Campus Uberaba-MG

O4p Oliveira, Robson Martins de
Produção e ciclagem de nutrientes dos resíduos de plantas de
cobertura em cultivo isolado e consórcios em áreas sob plantio direto /
Robson Martins de Oliveira – 2025.
47 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Rodrigues Torres.
Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal) - Instituto
Federal do Triângulo Mineiro- *Campus Uberaba-MG*, 2025.

1. Conservação do solo. 2. Misturas. 3. Resíduos vegetais. 4. Ciclagem
de nutrientes. 5. Cerrado. I. Torres, José Luiz Rodrigues. II. Título.

CDD 631.4

ROBSON MARTINS DE OLIVEIRA

**PRODUÇÃO E CICLAGEM DE NUTRIENTES DOS RESÍDUOS DE PLANTAS DE
COBERTURA EM CULTIVO ISOLADO E CONSÓRCIOS EM ÁREAS SOB
PLANTIO DIRETO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, para conclusão e obtenção do Título de Mestre em Produção Vegetal

Linha de Pesquisa: Solo e Água no Cerrado

Uberaba, 07 de fevereiro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Luiz Rodrigues Torres
(IFTM – Orientador)

Prof. Dr. Daniel Pena Perreira
(IFTM – Membro Interno)

Dr. Agnaldo Donizete Ferreira de Carvalho
(Embrapa Cerrado – Membro Externo)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TRIÂNGULO MINEIRO

ROBSON MARTINS DE OLIVEIRA

“PRODUÇÃO E CICLAGEM DE NUTRIENTES DOS RESÍDUOS DE PLANTAS DE COBERTURA EM CULTIVO ISOLADO E CONSÓRCIOS EM ÁREAS SOB PLANTIO DIRETO”

FOLHA DE APROVAÇÃO DEFESA DISSERTAÇÃO

Data da aprovação: 07/02/2025

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:

Presidente

Prof. Dr. José Luiz Rodrigues Torres

IFTM Campus Uberaba

Membro Titular

Prof. Dr. Daniel Pena Pereira

IFTM Campus Uberaba

Membro Titular

Dr. Agnaldo Donizete Ferreira de Carvalho

Embrapa Cerrado

Local: Sala 40 (mecanização Agrícola) do IFTM Campus Uberaba

JOSÉ LUIZ RODRIGUES TORRES
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO



Documento assinado eletronicamente por JOSÉ LUIZ RODRIGUES TORRES, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 11/02/2025, às 20:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

AGNALDO DONIZETE FERREIRA DE CARVALHO
MEMBRO EXTERNO DE BANCAS DE QUALIFICAÇÃO/DEFESA DE MESTRADO E DOUTORADO



Documento assinado eletronicamente por AGNALDO DONIZETE FERREIRA DE CARVALHO, MEMBRO EXTERNO DE BANCAS DE QUALIFICAÇÃO/DEFESA DE MESTRADO E DOUTORADO, em 12/02/2025, às 07:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

DANIEL PENA PEREIRA
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO



Documento assinado eletronicamente por DANIEL PENA PEREIRA, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 12/02/2025, às 08:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://iftm.edu.br/autenticacao/> informando o código verificador **A55392E** e o código CRC **E9FD82EB**.

Referência: NUP: 23200.002692/2025-36

DOCS nº 0000687252

Primeiramente a **Deus**, por permitir estar aqui. Aos meus pais **José Martins Filho e Rosimeire de Oliveira**, à minha noiva **Ariadne**, às minhas **irmãs Rosane e Rose Maria** e aos meus **amigos**, que sempre estiveram ao meu lado, incentivando nessa conquista profissional.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – Campus Uberaba por disponibilizar a sua infraestrutura, equipamentos e mão de obra para realização do experimento, que foram essenciais para a realização deste curso, culminando na obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, em especial ao meu orientador **José Luiz Rodrigues Torres**, cujo compartilhamento de conhecimentos e experiências contribuiu significativamente para a minha formação acadêmica

Aos bolsistas de iniciação científica e voluntários do núcleo de pesquisa de manejo e conservação do solo e água no cerrado (NUPEMASA) e aos colegas que ajudaram na conclusão deste estudo.

À Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (Fundação Agrisus), Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas concedidas ao orientador e aos estudantes, além do financiamento de parte do projeto.

Minha sincera gratidão também se estende à banca examinadora, Prof. Dr. Daniel Pena Pereira e ao Pesquisador da Embrapa, Dr. Agnaldo Donizete Ferreira de Carvalho, cujas valiosas contribuições enriqueceram e aprimoraram esta dissertação.

Por fim, quero expressar meu profundo agradecimento a todos aqueles que, de diversas formas, contribuíram para a realização desta conquista significativa em minha trajetória acadêmica.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

O cultivo de braquiária, crotalária e milho, isolados ou consorciados, está entre as coberturas mais adaptadas ao cerrado, contribuindo significativamente para o sistema de plantio direto (SPD). Recentemente, mixes de plantas de cobertura, contendo até dez espécies diferentes, têm sido introduzidos, mas seus benefícios ainda são pouco conhecidos. Este estudo avaliou a produção, decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos dessas plantas em cultivo isolado e consorciado, em áreas com 9 e 23 anos em SPD no Cerrado. Os tratamentos foram: braquiária (B), milho (M), crotalária (C) e consórcios MIX1, MIX2 e MIX3. No florescimento de 50% das plantas, avaliou-se massa fresca (MF) e seca (MS), além da decomposição dos resíduos e ciclagem de nutrientes. O milho em cultivo isolado teve maior produção de MS (10,99 e 13,92 Mg ha⁻¹), enquanto nos consórcios destacaram-se MIX1 e MIX2 (15,38 e 17,93 Mg ha⁻¹). Após 90 dias restavam 51,7; 58,3; 49,6; 54,0; 54,1 e 50,3% e 48,6; 54,5; 47,0; 51,3; 52,5 e 48,5% de MS remanescente de B, M, C, MIX 1, MIX 2 e MIX 3 na área no estágio de transição e manutenção, respectivamente. A ordem de nutrientes acumulados foi: K>N>Ca>P>Mg>S. O milho e os consórcios MIX1 e MIX2 tiveram maior produção de MS, enquanto a crotalária apresentou a maior taxa de decomposição. Assim, consórcios diversificados e bem planejados podem melhorar a eficiência do SPD no cerrado.

Palavras-chave: conservação do solo; misturas; resíduos vegetais; ciclagem de nutrientes; cerrado.

ABSTRACT

The cultivation of signal grass (SG), sunn hemp (SH) and pearl millet (PM) in isolation or in consortium is among the most adapted cover crops to the Cerrado, significantly contributing to the no-tillage system (NTS). Recently, cover crop mixes containing up to ten different species have been introduced, but their benefits are still not well understood. This study evaluated the production, decomposition, and nutrient cycling of residues from these plants grown both alone and in consortia in areas with 9 and 23 years under NTS in the Cerrado. The treatments included SG, PM, SH and intercropped mixtures MIX1, MIX2, and MIX3. At 50% flowering, fresh mass (FM) and dry mass (DM) were sampled, as well as residue decomposition and nutrient cycling. Isolated millet showed the highest DM production (10.99 and 13.92 Mg ha⁻¹), while MIX1 and MIX2 stood out among the intercropped systems (15.38 and 17.93 Mg ha⁻¹). After 90 days, the remaining DM was 51.7, 58.3, 49.6, 54.0, 54.1, and 50.3%, and 48.6, 54.5, 47.0, 51.3, 52.5, and 48.5% for SG, PM, SH, MIX1, MIX2, and MIX3 in the transition and maintenance areas, respectively. The nutrient accumulation order was K>N>Ca>P>Mg>S. PM and the MIX1 and MIX2 intercropped systems showed the highest DM production, while SH had the fastest decomposition rate. Thus, diversified and well-planned intercropped systems can enhance NTS efficiency in the Cerrado.

Keywords: soil conservation; mixtures; plant residues; nutrient cycling; cerrado.

LISTA DE TABELA

Tabela 1- Produção de massa seca (MS) das diferentes plantas de cobertura em cultivo isolado e consorciado e áreas com 09 anos e 23 anos em sistema de plantio direto, em Uberaba, MG, 2025.	25
Tabela 2- Constante de decomposição (k) e tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) da biomassa remanescente de diferentes coberturas em cultivo isolado e em consórcios em área sob sistema de plantio direto, em Uberaba, MG, 2025.	28
Tabela 3- Acúmulo de macronutrientes, constante de decomposição (k) e tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) nos resíduos das coberturas utilizadas em área sob cultivo de milho em área em sistema de plantio direto há 09 anos, em Uberaba, MG, em 2025.	30
Tabela 4- . Acúmulo de macronutrientes constante de decomposição (k) e tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) nos resíduos das coberturas utilizadas em área com 23 anos em sistema de plantio direto, em Uberaba, MG.	32

LISTA DE FIGURA

Figura 1- Acumulado de chuva e temperatura média mensal no período de outubro de 2023 a julho de 2024, obtidos na estação meteorológica A568 do INMET, durante a condução do experimento.	22
Figura 2- Massa seca remanescente dos resíduos de braquiária (B), milho (M), crotalária (C) e dos consórcios MIX 1, MIX 2 e MIX 3 aos 0, 15, 30, 60 e 90 dias após distribuição das sacolas, nas áreas de 9 anos e 23 anos em sistema de plantio direto, em Uberaba,	27
Figura 3- Ciclagem de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) e S (F) dos resíduos de braquiária (B), milho (M), crotalária (C) e nos consórcios MIX 1, MIX 2 e MIX 3 ao 0, 15, 30, 60 e 90 dias após distribuição das sacolas, em área sob cultivo em sistema de plantio.....	34
Figura 4- Ciclagem de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) e S (F) nos resíduos de braquiária (B), milho (M), crotalária (C) e dos consórcios MIX 1, MIX 2 e MIX 3 ao 0, 15, 30, 60 e 90 dias após a distribuição das sacolas, em área sob cultivo com 23 anos em sistema de plantio direto, em Uberaba, MG.	36

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1. Sistemas de cultivo conservacionistas no cerrado.....	15
2.2. Plantas de cobertura cultivadas no cerrado.....	17
2.3. Benefícios das plantas de cobertura para os sistemas de cultivo.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1. Caracterização da área em estudo.....	21
3.2. Delineamento experimental e tratamentos.....	22
3.3. Informações complementares.....	23
3.4. Avaliações.....	23
3.5. Análise estatística.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
4.1. Produção de massa fresca e seca.....	25
4.2. Decomposição dos resíduos e tempo de meia vida.....	26
4.3. Acúmulo e ciclagem de nutrientes.....	29
5. CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS.....	39

I INTRODUÇÃO

O sistema de plantio direto (SPD) é uma prática de manejo conservacionista, que vem evoluindo ao longo das últimas décadas e se consolidou como um dos mais modernos sistemas de produção agrícola sustentável para o Cerrado brasileiro (Mazetto Júnior *et al.*, 2019). O revolvimento do solo apenas na linha de plantio, a rotação de culturas e a manutenção dos resíduos na superfície do solo promovem o contínuo aporte de material orgânico na superfície e os remanescentes das raízes na subsuperfície do solo que promovem alterações significativas nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo à medida que os cultivos se sucedem, favorecendo o desenvolvimento das plantas, podendo resultar no aumento da produtividade das culturas cultivadas em sucessão (Guareshi *et al.*, 2018; Passos *et al.* 2018; Loss *et al.*, 2020; Torres *et al.*, 2022).

No entanto, no Cerrado brasileiro nem sempre essas premissas do SPD são seguidas, principalmente pela ausência da rotação de culturas, onde predomina o monocultivo ou apenas a sucessão de culturas e que, conseqüentemente, influencia na cobertura permanente do solo, resultando em pouca produção de biomassa remanescente. Para atender a esses princípios, o cultivo de plantas de cobertura pode desempenhar um papel fundamental no sistema de plantio direto, podendo ser realizado após a colheita da cultura principal garantindo a cobertura do solo na entressafra (Boyer *et al.* 2018; Ferreira *et al.* 2023).

Nas regiões brasileiras produtoras de grãos do Cerrado, as bráquiárias, os milhetos e as crotalárias, assim como a mistura destas três plantas em uma mesma área já demonstraram ser as coberturas que estão mais bem adaptadas às condições do Cerrado, pois apresentam elevada quantidade de palha e reciclam quantidades consideráveis de nutrientes, proporcionando benefícios ao sistema de produção e à produtividade das culturas (Pacheco *et al.*, 2017; Mazetto Júnior *et al.*, 2019; Torres *et al.*, 2024). Entretanto, uma nova variável vem sendo introduzida nos sistemas de produção de milho: as misturas de sementes de plantas de cobertura de diversas espécies diferentes para plantio na mesma área, comercialmente chamadas de mix de plantas de cobertura.

Teoricamente essas misturas são interessantes, pois permitem combinar diferentes espécies para atender diversos objetivos. Entretanto, não se sabe se tais objetivos realmente são alcançados (Silva *et al.*, 2021a), uma vez que há escassez de informações científicas sobre o tema, provenientes de estudos que quantificaram e qualificaram os resultados, além de terem sido devidamente divulgados na literatura.

Nos solos pobres em fertilidade do Cerrado brasileiro vários estudos têm mostrado que as plantas de cobertura e suas misturas aportam quantidades consideráveis de matéria orgânica via palhada. Além disso a ciclagem de N, P, K, Ca, Mg e S para o solo são elevadas nos primeiros 45 dias, principalmente para o N e o K (Torres *et al.*, 2017; Pacheco *et al.*, 2017; Collier *et al.*, 2018; Silveira *et al.*, 2021), devido à sua alta mobilidade no solo. Contudo, poucos trabalhos foram publicados afirmando as vantagens proporcionadas pelas misturas com mais de quatro espécies dessas plantas nesta região.

Avaliar os benefícios das misturas de plantas de cobertura se torna bastante importante, considerando que a comercialização e cultivo vêm aumentando nos últimos anos e obter resultados sobre qual período de decomposição dos resíduos e quanto de acúmulo e ciclagem de nutrientes desses mixes para áreas sob sistema de plantio direto se torna essencial para a tomada de decisão dos profissionais.

Diante desse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a produção, a decomposição e a ciclagem de nutrientes dos resíduos das plantas de coberturas tanto em cultivo isolado quanto em consórcios com mais de quatro espécies, em áreas com 09 e 23 anos em sistema de plantio direto no Cerrado do triângulo mineiro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistemas de cultivo conservacionistas no cerrado

O solo é um recurso natural indispensável para a vida na Terra, tanto por abrigar um ambiente riquíssimo em diversidade de organismos vivos, quanto por ser um dos pilares para a produção de alimentos. A evolução dos sistemas agropecuários de forma sustentável deve ser vista a médio e longo prazo, considerando a conservação dos recursos naturais. A agricultura conservacionista visa à melhoria dos atributos do solo e da qualidade do meio produtivo, tornando necessárias práticas agrícolas que unam a máxima produção agrícola, em uma menor área, aliada à conservação dos recursos naturais (Silva, 2021).

A produção agropecuária vem sofrendo constantemente com a perda de solos, devido ao carreamento superficial de sedimentos, causado pelas intensas chuvas, o que provoca alterações no perfil do solo. Com isso ocorrem mudanças na morfologia da área de cultivo, prejudicando a produtividade da lavoura (Salomão *et al.*, 2020).

Surgiu uma técnica simples de manejo do solo que consiste na semeadura da cultura diretamente nos restos de culturas presentes na área, com o mínimo de revolvimento. Essa técnica que se expandiu por todo o país é denominada de plantio direto. A substituição do cultivo convencional pela semeadura direta vem se caracterizando como uma forma de preservação da biodiversidade natural dos solos, além de proporcionar benefícios socioeconômicos (Fernandes; Libardi, 2012).

Entre os desafios a serem vencidos pelos sistemas produtivos agropecuários, destacam-se o aumento ou manutenção da produtividade aliado à proteção dos recursos naturais do solo juntamente com a sua biodiversidade. Nesse contexto, o sistema de plantio se baseia nessa premissa: aumentar a produtividade por unidade de área plantada e ao mesmo tempo conservar a biodiversidade do solo, incluindo a macrofauna e microfauna, mantendo bons teores de matéria orgânica que são essenciais para a sobrevivência desses organismos vivos (Ferreira *et al.*, 2019).

Nos sistemas de produção, o plantio direto vem se consolidando no território brasileiro, pois traz melhorias aos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. No entanto, só com a manutenção deste sistema o solo terá seu potencial produtivo plenamente alcançado, mantendo a qualidade do ecossistema (Mazetto Junior *et al.*, 2019).

O solo coberto com plantas durante o período de entressafra ajuda a reduzir os efeitos adversos que causam a erosão, além de manter seu microclima favorável à sobrevivência da

macrofauna e da microbiota desse solo. O cultivo de plantas de cobertura é uma alternativa eficaz para a proteção do solo nesse período, além de beneficiar a cultura subsequente por meio da ciclagem de nutrientes nos seus restos culturais. Outras técnicas de manejo do solo que podem ser utilizadas são as rotações de culturas que evitam o monocultivo e favorecem a biodiversidade na área; cultivo em nível do solo e terraceamento, que previnem o carreamento de solo e nutrientes e microorganismos do solo para terrenos mais baixos ou cursos d'água, o que, ao longo do tempo pode causar erosão e assoreamento de rios (Zonta *et al.*, 2012).

Em seu estudo, Zhou *et al.*, (2019) avaliaram o impacto da decomposição de três tipos de plantas (plantas invasoras naturalmente presentes da área, trevo vermelho e azevém) na atividade de microrganismos do solo. A decomposição de todas as espécies possibilitou a multiplicação de bactérias benéficas ao solo em comparação com o tratamento de controle devido à melhoria do metabolismo do carbono. Observou-se também que a combinação de diferentes plantas de cobertura potencializa os benefícios em comparação com o uso de apenas um tipo de planta (Abranches *et al.*, 2021).

No ecossistema com sistema de plantio direto, a grande variedade de cobertura vegetal influencia positivamente a qualidade do solo, criando um microclima estável e afetando a fauna edáfica local. A relação entre a população da macrofauna edáfica e os resíduos vegetais é um dos parâmetros para a qualidade do manejo do solo (Coelho, 2020).

Outro sistema agropecuário de manejo do solo que vem evoluindo nos últimos anos é a integração lavoura-pecuária-floresta, implantado em áreas anteriormente cultivadas com monocultura ou áreas degradadas, substituindo o sistema convencional de produção. Estudos mostram que o sistema ILPF traz benefícios ao solo, melhorando sua qualidade, aumentando carbono e ampliando a diversidade da macrofauna do ambiente. Além disso, promove a recuperação de áreas degradadas e diversifica a produção na propriedade, melhorando economicamente (Oliveira *et al.*, 2017).

No sistema de plantio direto o princípio básico de manejo é a cobertura do solo por plantas em desenvolvimento e seus resíduos vegetais. Essa cobertura auxilia na conservação do solo produtivo. Para que essa premissa seja seguida, o ideal é utilizar plantas de cobertura como alternativa de cobertura do solo antes da semeadura da cultura principal. Além disso, essas plantas de cobertura absorvem nutrientes do solo e liberam para a cultura sucessora, através da decomposição de seus resíduos, contribuindo também para uma maior produtividade (Peralta; Alvarez; Taboada, 2021).

2.2 Plantas de cobertura cultivadas no cerrado

As plantas de cobertura têm sido utilizadas na diversificação de áreas produtivas em todo o país, desde os cultivos anuais, semiperenes e perenes; contudo, existe uma grande diversidade de plantas de coberturas utilizadas na agricultura, adaptadas às condições edafoclimáticas e do tipo de manejo disponível de cada região, para que seja adotada a mais adaptada ao sistema (Cherubin, 2022).

Tais plantas podem ser cultivadas de forma isolada ou associada a outras plantas de cobertura. O cultivo consorciado mais comum envolve espécies das famílias Poaceae e Fabaceae, com duas, três ou mais plantas em mistura. Essas misturas podem contribuir significativamente para o solo, melhorando os atributos físicos, químicos e biológicos, e mantendo um equilíbrio desse ambiente (Alvarez; Steinbach; Paepe; 2017).

Dentre as plantas de cobertura mais utilizadas no Cerrado brasileiro, o *Guia Prático de Plantas de Cobertura* (Cherubin, 2022) destaca as seguintes espécies:

Braquiária (*Urochloa ruziziensis*) – Gramínea tropical, da família Poaceae, conhecida por grande produção de biomassa, que é uma das espécies mais utilizadas em sistema de plantio direto, em consórcios com outras culturas e em sistemas de integração lavoura-pecuária, tendo ciclo de florescimento de aproximadamente 40 a 50 dias após a semeadura.

Milheto (*Pennisetum glaucum*) – É uma gramínea anual, de metabolismo C4 e crescimento ereto. Sua principal característica é a baixa exigência hídrica. Devido a isso, há uma crescente demanda pela cultura nas lavouras do Cerrado graças a sua rusticidade, alta capacidade de produção de massa seca, estruturação do solo e controle de nematoides.

Crotalária ochroleuca (*Crotalaria ochroleuca*) – É uma leguminosa anual, de crescimento determinado, arbustiva e de hábito ereto. Possui rusticidade, tolerância ao déficit hídrico e por seu rápido e vigoroso desenvolvimento suas raízes podem romper camadas adensadas ou compactadas do solo, com florescimento ocorrendo entre 120 a 135 dias após a semeadura.

Crotalária breviflora (*Crotalaria breviflora*) – É uma leguminosa de porte baixo, com crescimento rápido e ciclo curto. Possui capacidade de fixação de nitrogênio semelhante à da *C. spectabilis*, e não é hospedeira de *Meloydogine incognita* e *Rotylenchulus reniformis*, com florescimento ocorrendo entre 90 a 100 dias após a semeadura.

Trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*) – é uma dicotiledônea da família Polygonaceae, planta rústica e de ciclo curto. É sua característica se adaptar ao controle de

plantas daninhas, tolerante à acidez, capacidade de aproveitamento de sais de fósforo e potássio pouco solúvel no solo, com bom desenvolvimento em solos mais pobres, tendo ciclo até o florescimento ocorrendo no período entre 35 a 50 dias.

Capim coracana (*Eleusine coracana*) - Pertencente à família Poaceae e também conhecido como capim pé – de – galinha gigante atinge até 120 cm de altura. Apresenta excelente adaptação aos solos brasileiros e grande capacidade de reinfestação por sementes após dessecação. Tem capacidade de remediação de solos contaminados com o herbicida à base de Picloram.

Crambe (*Crambe abyssinica* Hochs) – É uma oleaginosa da família das Crucíferas. Apresenta produção de matéria seca, importante para a melhoria da qualidade física do solo. Alcança o florescimento em torno de 35 a 40 dias após a semeadura.

Sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) - Pertence à família Poaceae e subfamília Panicoideae. Possui alta taxa de produção de biomassa na parte aérea, com alta relação C:N, o que dificulta a decomposição e a ciclagem de nutrientes. A duração da semeadura até o florescimento é de 60 dias.

Feijão caupi (*Vigna unguiculata*) – É uma leguminosa da família Fabaceae, de ciclo anual. Possui rápido crescimento e desenvolvimento inicial, o que traz como resultado a formação de uma massa foliar densa que tem como efeito a cobertura e sombreamento do solo. Além disso, fazer simbiose com as bactérias do gênero *Rhizobium* fixa o nitrogênio no solo. O florescimento varia de acordo com a região, mas em média ocorre em torno de 45 a 50 dias após a semeadura.

Feijão guandu (*Cajanus cajan*) - É uma leguminosa da família Fabaceae. Bastante conhecida pela sua rusticidade, sendo muito recomendado para recuperação de solos, pois apresenta produção eficiente de massa verde com baixa relação C:N para ser usada como adubo, grande capacidade de nodulação e fixação de nitrogênio. O florescimento ocorre entre 70 a 100 dias após a semeadura.

Atualmente, o cultivo em consórcio entre plantas de cobertura tem maior prevalência do que o cultivo isolado de cada espécie. Isso se deve à vantagem de uma maior produção de matéria seca e acúmulo desses resíduos na cobertura do solo, o que mantém o sistema de plantio direto mais eficiente. Além disso, as misturas diversificam o cultivo com as especificidades de cada planta de cobertura, o que pode beneficiar o sistema produtivo (Araújo *et al.*, 2019).

2.3 Benefícios das plantas de cobertura para os sistemas de cultivo

A adubação verde é uma prática milenar utilizada na agricultura, que consiste no cultivo de plantas de cobertura para produzir massa de matéria seca na superfície do solo com o intuito de elevar a produção de alimentos. No Brasil, essa prática conservacionista é realizada há quase cem anos, com resultados positivos na agricultura, além de contribuir para maior preservação dos recursos naturais (Wutke *et al.*, 2014).

O cultivo de plantas de cobertura na rotação de culturas é um dos princípios fundamentais para manter a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, pois oferece condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das culturas subsequentes. Quando cultivadas de forma isolada ou em misturas, associadas a grãos, essas plantas favorecem a diversificação das culturas semeadas como segunda safra nos sistemas de produção, resultando em maior eficiência de produção e em uma biomassa de qualidade adicionada ao solo (Pacheco *et al.*, 2017).

As plantas de cobertura podem trazer diversos benefícios para o sistema de cultivo por atuarem em todas as propriedades do solo (física, química e biológica) por meio dos seus resíduos vegetais, o que incrementa a produtividade da área cultivada. Nos solos do Cerrado, conhecidos por sua acidez, essas plantas de cobertura se tornam ainda mais importantes, pois melhoram o teor de matéria orgânica e a fertilidade do solo, viabilizando o sistema de plantio direto (Silva *et al.*, 2021b).

Os resíduos vegetais provenientes das plantas de cobertura na superfície do solo são uma importante reserva de nutrientes para as próximas culturas subseqüentes que ali serão cultivadas. A disponibilização desses nutrientes, porém, varia de acordo com o tipo de resíduo vegetal em decomposição, a interação com os fatores climáticos e as características biológicas do solo. Diversas espécies podem ser cultivadas visando à ciclagem de nutrientes, entretanto, é necessário que haja sincronia entre a liberação de nutrientes pelos resíduos da planta de cobertura e a demanda nutricional da cultura de interesse comercial, cultivada em sucessão (Boer *et al.*, 2007).

A manutenção da palhada na superfície do solo resulta em menor velocidade de decomposição e conseqüentemente em uma liberação mais lenta de nutrientes, quando comparadas ao revolvimento do solo e à incorporação da palhada. Para descrever a liberação de nutrientes pela palhada, o modelo mais frequentemente usado é o exponencial simples, proposto por Wieder e Lang (1982), utilizado por Thomas & Asakawa (1993) e Torres *et al.* (2005), descrito pela fórmula $P = P_0 \exp(-kt)$, em que P é a quantidade de biomassa seca

remanescente no tempo t , em dias; P_0 é a fração da biomassa seca potencialmente disponível para decomposição e k é a constante de decomposição da biomassa seca.

O processo de ciclagem de nutrientes é crucial em solos com alto grau de intemperismo e baixos teores de nutrientes, nos quais a biomassa vegetal constitui o principal reservatório de nutrientes (Fontes, 2012).

No Cerrado, as espécies gramíneas utilizadas como planta de cobertura possuem maior capacidade de produção de biomassa, com decomposição mais lenta dos resíduos e conseqüentemente, liberação gradual de nutrientes para a cultura sucessora. A decomposição da palhada está relacionada à relação C: N e ao manejo adotado, por esse motivo as leguminosas apresentam taxa de decomposição mais acelerada em comparação às gramíneas (Goulart, 2018).

Apesar de apresentarem alta produção de matéria seca e produzirem resíduos com maior permanência no solo devido à elevada relação C/N, as gramíneas na maioria dos casos, contribuem para a imobilização microbiana de nitrogênio (N) e reduzem a disponibilidade dos nutrientes no solo (Torres *et al.*, 2014a). Já as espécies leguminosas, embora melhorem a fertilidade do solo, possuem relação C/N mais baixa, o que resulta em decomposição acelerada dos resíduos. Essa rápida decomposição pode levar à exposição do solo antes do estabelecimento da cultura em sucessão (Fonseca, 2017).

Uma das principais vantagens de se utilizar plantas de cobertura leguminosas no sistema de plantio direto é o aumento da disponibilidade de nitrogênio. Essa disponibilidade ocorre devido à capacidade das leguminosas de fixar o nitrogênio atmosférico por meio da interação simbiótica com bactérias do gênero *Rizobium*, que formam nódulos em suas raízes, disponibilizando esse nutriente para absorção pelas plantas. Tal processo reduz a necessidade de adubação nitrogenada para a cultura sucessora (Canalli; Calegari, 2019).

O cultivo de plantas de cobertura na entressafra também pode auxiliar no manejo integrado de plantas daninhas, promovendo a redução da infestação por invasoras nas áreas de cultivo durante o período de pousio. Isso possibilita que a cultura comercial inicie o seu desenvolvimento sob menor competição com plantas daninhas, complementando-se o manejo químico por meio de herbicidas (Lamego *et al.*, 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área em estudo

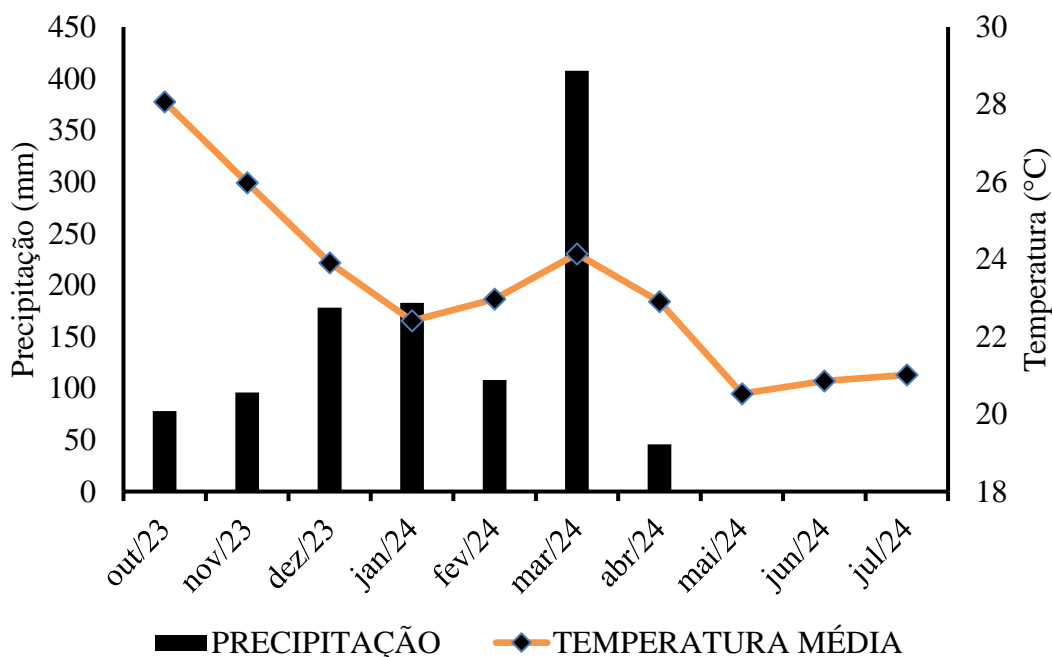
O estudo foi conduzido no município de Uberaba (MG), em área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, localizado entre as coordenadas 19°39'10,17" S (latitude sul) e 47°58'15,65" O (longitude oeste), com altitude de 795 m, durante o período de novembro de 2023 a julho de 2024.

O solo da área de cultivo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Santos *et al.*, 2018), textura médio-arenosa e o relevo caracterizado como suavemente ondulado. Dois meses antes de implantação do experimento, na profundidade de 0 - 0,20 m, os seguintes atributos foram observados na área de 09 anos de SPD: granulometria: 210 g kg⁻¹ de argila, 710 g kg⁻¹ de areia e 80 g kg⁻¹ de silte; atributos químicos: pH (CaCl₂) 5,1; 28,1 mg dm⁻³ de P (resina); 2,76 mmol_c dm⁻³ de K⁺; 13,9 mmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 2,8 mmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 24 mmol_c dm⁻³ de H+Al, V = 44,7 %, 12,6 g dm³ de matéria orgânica e 43,45 mmol_c dm⁻³ de CTC. Já na área de 23 anos de SPD: 210 g kg⁻¹ de argila, 710 g kg⁻¹ de areia e 80 g kg⁻¹ de silte, pH CaCl₂ 5,0; 43,8 mg dm⁻³ de fósforo (P (resina)); 1,63 mmol_c dm⁻³ de Potássio (K⁺); 9,4 mmol_c dm⁻³ de Cálcio (Ca²⁺); 2,6 mmol_c dm⁻³ de Magnésio (Mg²⁺); 26 mmol_c dm⁻³ de H+Al, V = 34,3 %, 13,7 g dm³ de matéria orgânica e 39,61 mmol_c dm⁻³ de CTC.

Com base nos resultados da análise de fertilidade do solo foi necessária a correção da acidez. Para isso aplicou-se a dose de 0,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT: 93%) por hectare, em superfície do solo, 60 dias antes da implantação do experimento.

O clima da região é classificado como Aw - tropical quente e úmido, segundo a classificação atualizada de Koppen (Beck *et al.*, 2018). A precipitação média anual histórica na região é de 1600 mm e a temperatura média é de 22,6°C, conforme dados do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet, 2024). As plantas de cobertura foram cultivadas entre novembro de 2023 a fevereiro de 2024, devido às condições inadequadas de precipitação nos meses anteriores, com um acumulado pluviométrico de 564,8 mm durante o período de cultivo (Figura 1).

Figura 1- Acumulado de chuva e temperatura média mensal no período de outubro de 2023 a julho de 2024, obtidos na estação meteorológica A568 do INMET, durante a condução do experimento.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 6 x 2, sendo avaliadas seis diferentes coberturas do solo que caracterizaram os tratamentos: 1 – *Braquiária ruziziensis*; 2 – *Pennisetum glaucum* (milheto); 3 – *Crotalária ochroleuca*; 4 – Mistura 1: *Braquiária ruziziensis*, *Pennisetum glaucum* (milheto), *Crotalária ochroleuca*, *Fagopyrum esculentum* (trigo mourisco), *Crotalária breviflora*, *Eleusine coracana* (capim coracana) e *Crambe abyssinica*; 5 – Mistura 2: *Braquiária ruziziensis*, *Pennisetum glaucum* (milheto), *Eleusine coracana* (capim coracana), *Sorghum bicolor* L. (sorgo forrageiro), *Vigna unguiculata* (feijão caupi), *Cajanus cajan* (feijão guandu); 6 – Mistura 3: *Braquiária ruziziensis*, *Crotalária ochroleuca*, *Fagopyrum esculentum* (trigo mourisco), *Crotalária breviflora*, *Eleusine coracana* (capim coracana) e *Crambe abyssinica*, todos com quatro repetições.

O estudo foi realizado em duas áreas de sistema de plantio direto (SPD), uma com 09 e outra com 23 anos de implantação do SPD. Em ambas havia 24 parcelas em cada área,

totalizando 48 parcelas em todo o experimento, sendo que cada parcela tinha uma área de 32 m² (8 m x 4 m).

3.3 Informações complementares

Antes da semeadura das plantas de cobertura a área foi dessecada para controle das plantas daninhas com os seguintes herbicidas: não seletivo de ação sistêmica com ingrediente ativo glifosato na dose de 4,0 L ha⁻¹; herbicida seletivo de ação sistêmica a base de 2,4-D na dose de 1,5 L/ha⁻¹; e herbicida sistêmico a base de cletodim na dose de 0,40 L ha⁻¹.

A semeadura das plantas de cobertura foi realizada de forma mecanizada, com semeadora de marca Vence tudo, modelo SA 9400, equipada com quatro linhas espaçadas de 0,20 m. Foram utilizadas 25 sementes por metro de crotalária, 50 sementes por metro de braquiária e milheto e 22,5 kg ha⁻¹ para as misturas 1, 2 e 3, respectivamente. Quando 50% das plantas atingiram o estágio de florescimento pleno, foram coletadas amostras para avaliação da massa fresca e seca em uma área de 2 m² de cada parcela. O material fresco foi pesado imediatamente e em seguida levado ao laboratório, onde foi seco em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas. Após a secagem, o material foi novamente pesado e os resultados expressos em t ha⁻¹.

3.4 Avaliações

Para avaliação da taxa de decomposição e ciclagem de nutrientes utilizou-se o método de sacolas de decomposição com malha de 2 mm de abertura e de dimensões de 0,30 x 0,30 m, conforme descrito por Santos e Whilford (1981). Foram distribuídas 192 sacolas na superfície do solo, cada uma contendo 30g dos resíduos vegetais. As coletas de amostras foram realizadas em 0, 15, 30, 60 e 90 dias após a instalação das sacolas no campo. Após a coleta, o material vegetal de cada sacola foi limpo em peneira com malha 0,053 mm, seco em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir peso, e depois moído para análises subsequentes.

Posteriormente, os resíduos moídos foram encaminhados para o laboratório de análise química Labfert em Uberaba, MG, para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S, de acordo com metodologia proposta por Teixeira *et al.* (2017).

Para descrever a decomposição dos resíduos vegetais foi aplicado o modelo matemático exponencial proposto por Thomas e Asakawa (1993), expresso por $X = X_0 e^{-kt}$, em que X é a quantidade de massa seca remanescente após um período de tempo t, em dias; X⁰ é a quantidade

inicial de massa seca ou nutriente e k é a constante de decomposição de resíduo. Após encontrar o valor de k , foi calculado o tempo de meia-vida ($t_{1/2} = 0,693/k$) (Paul; Clark, 1989), que demonstra o período de tempo necessário para que metade dos resíduos se decomponha ou para que metade dos nutrientes contidos nos resíduos seja liberada.

3.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F e quando significativo, as médias foram agrupadas pelo método de Scott-Knott ($p < 0,05$). Para o cálculo do tempo de meia vida utilizou-se o modelo de regressão. Os cálculos foram realizados por meio do programa Agroestat (Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agronômicos), desenvolvido pelo Prof. Dr. José Carlos Barbosa e Walter Maldonado Júnior, UNESP- FCAV, Câmpus de Jaboticabal. As equações matemáticas e as análises de regressão para a decomposição dos resíduos foram elaboradas utilizando o software SigmaPlot, versão 10.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Produção de massa fresca e seca

Na Análise da produção de massa seca (MS) das áreas com 9 e 23 anos de sistema de plantio direto (SPD), observou-se no cultivo isolado de plantas de cobertura que os valores foram significativamente superiores nas áreas onde foi cultivado o milho com 10,99 e 13,32 Mg ha⁻¹. Por outro lado, nas áreas com plantas consorciadas, destacaram-se o MIX 3 e MIX 1, com produções de 15,38 e 17,93 Mg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1- Produção de massa seca (MS) das diferentes plantas de cobertura em cultivo isolado e consorciado e áreas com 09 anos e 23 anos em sistema de plantio direto, em Uberaba, MG, 2025.

Coberturas	Produção de MS	
	09 anos	23 anos
Mg ha ⁻¹	
Braquiária	9,33dA*	8,11 eA*
Milho	10,99 cB	13,32 aA
Crotalária	10,37 cA	9,56 dA
MIX 1	13,70 bB	17,93 aA
MIX 2	11,31 cA	10,67 cA
MIX 3	15,38 aA	7,16 fB
Teste F	55,11**	11,62**
CV%	6,94	9,27

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Nota: Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna comparam coberturas e maiúsculas na coluna comparam épocas, que não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (** = p<0,05). MIX 1 = braquiária ruziziensis, milho, crotalária ochroleuca, trigo mourisco, crotalária breviflora, capim coracana e crambe; MIX 2 = braquiária ruziziensis, milho, capim coracana, sorgo forrageiro, feijão caupi, feijão guandu; MIX 3 = braquiária ruziziensis, crotalária ochroleuca, trigo mourisco, crotalária breviflora, capim coracana e crambe; CV = Coeficiente de variação.

Em relação à produção de MS, só houve diferenças significativas entre as áreas para o milho, MIX 1 e MIX 3, enquanto para braquiária, crotalaria e MIX 2, os valores foram estatisticamente iguais. Na área de 23SPD as misturas onde continha o milho foram as que mais se destacaram na produção de MS, enquanto que no MIX 3, a única mistura sem o milho, teve um desempenho muito abaixo se comparado com os outros mixes, o que bem pode ser fruto de, por ser uma área há bastante tempo sem revolvimento do solo, se tem um maior adensamento na área de cultivo, o que demonstra a capacidade do milho de penetrar camadas mais adensadas de solo, se sobressaindo ante outras espécies de plantas.

As espécies utilizadas neste estudo em cultivo isolado (braquiária, milho e crotalária) destacam-se pela produção de MS em quantidade e qualidade, sendo as mais utilizadas como cobertura de solo em áreas sob SPD no Cerrado (Assis *et al.*, 2013; Pacheco *et al.*, 2013). O menor valor de produção de MS observado na braquiária ocorreu devido à planta ter apresentado um crescimento inicial mais lento, pois a planta ainda não tinha atingido o estágio de pleno florescimento quando foi manejada.

Comprovadamente a mistura de sementes de braquiária, milho e crotalária trazem benefícios às plantas cultivadas em sucessão (Torres *et al.*, 2019, 2021, 2022; Silveira *et al.*, 2021). Em condições naturais, durante a época chuvosa, o milho, a braquiária e a crotalária têm produzido respectivamente de 6 e 13 Mg ha⁻¹, 7 a 12 Mg ha⁻¹ e 4 e 9 Mg ha⁻¹ massa seca respectivamente (Pacheco *et al.*, 2013; Torres *et al.*, 2014b; Collier *et al.*, 2011, 2018; Mazetto Junior *et al.*, 2019).

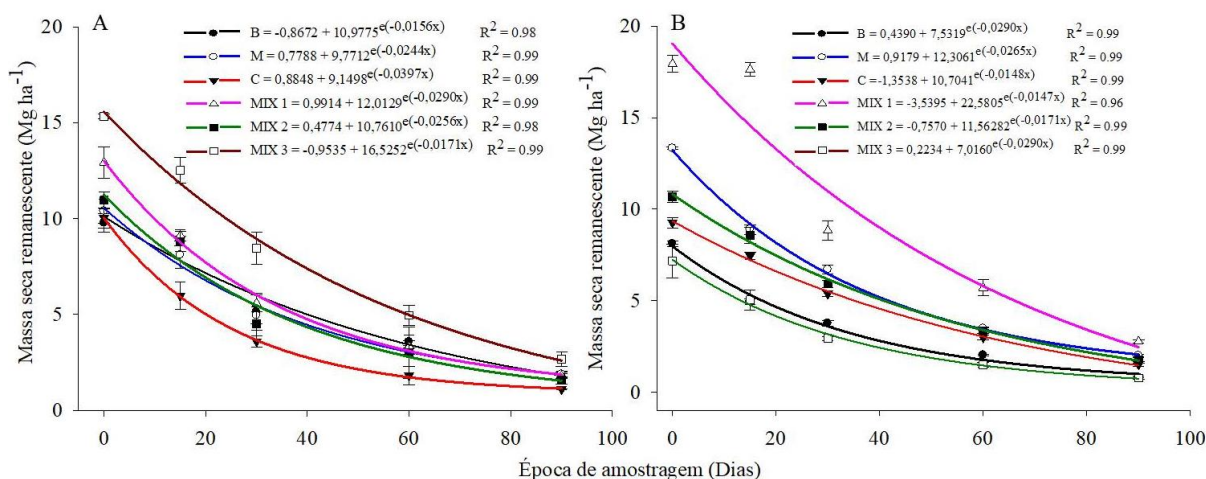
Segundo Silva *et al.* (2021a), consórcios (MIX) de plantas de cobertura, especialmente de Poáceas e Fabáceas, têm sido amplamente recomendados, por promoverem a melhoria da qualidade física, química e biológica do solo. Essa prática proporciona benefícios, como redução da imobilização do N pelos microrganismos do solo, promovendo aumento do teor do nutriente no solo, acúmulo de MS, maior eficiência na utilização da água e nutrientes devido às explorações de diferentes profundidades do solo pelos sistemas radiculares contrastantes e a descompactação do solo, melhorando a sua qualidade física.

Em condições tropicais, como no Cerrado, o uso de consórcios vegetais tem se mostrado uma alternativa interessante para assegurar a formação de maior quantidade de palhada e aumentar os teores de matéria orgânica no solo. Segundo Perin *et al.* (2004, 2010) e Teixeira *et al.* (2009), a consorciação de milho com crotalária pode ser uma opção viável para o sistema plantio direto, pois possibilita o fornecimento de fitomassa para cobertura do solo e o incremento no conteúdo de nutrientes, especialmente os de N e K.

4.2 Decomposição dos resíduos e tempo de meia vida

Ao analisar a taxa de decomposição dos resíduos vegetais, observou-se que ao final de 90 dias restavam 51,7%; 58,3%; 49,6%; 54,0%; 54,1% de MS remanescente para os tratamentos B, M, C, MIX 1, MIX 2 e MIX 3 na área com 9 anos e 50,3% e 48,6%; 54,5%; 47,0%; 51,3%; 52,5% e 48,5% de MS remanescente na área com 23 anos em SPD, para os mesmos tratamentos, respectivamente (Figura 2).

Figura 2- Massa seca remanescente dos resíduos de braquiária (B), milho (M), crotalária (C) e dos consórcios MIX 1, MIX 2 e MIX 3 aos 0, 15, 30, 60 e 90 dias após distribuição das sacolas, nas áreas de 9 anos e 23 anos em sistema de plantio direto, em Uberaba,



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

As curvas de regressão da decomposição dos resíduos mostram um decaimento exponencial mais acentuado nos primeiros 30 dias (Figura 2), como também já evidenciados nos estudos conduzidos por Torres *et al.* (2017), Pacheco *et al.* (2017a, b), Collier *et al.* (2018) e Silveira *et al.* (2021), onde o milho apresentou a decomposição mais lenta e a crotalária a mais acelerada, nas duas áreas avaliadas, talvez porque sejam as plantas que apresentam a maior e a menor relação C/N entre as coberturas, seja em cultivo isolado ou em consórcios.

Aos 15 dias após a deposição das sacolas de decomposição na área, a crotalária foi a cobertura que apresentou maior taxa de decomposição, o que pode ser explicado pela menor relação C/N das espécies Fabáceas, devido ao menor teor lignina presente em sua composição e também pela capacidade de fixação biológica de nitrogênio, sendo que esses fatores contribuem para uma decomposição mais rápida quando comparada com às Poáceas (Pacheco *et al.*, 2011; 2013; Mazetto Junior *et al.*, 2019; Torres *et al.*, 2019, 2021, 2022).

Com exceção do MIX3, após os 30 dias, todas as outras coberturas, tanto cultivadas de forma isolada quanto consorciadas, não apresentaram diferenças significativas na decomposição da biomassa remanescente. Esse comportamento pode ser explicado pela falta de umidade no solo, devido à ausência de chuvas significativas na região, ocasionadas por uma forte seca associada ao fenômeno El Niño.

Segundo Torres; Pereira e Fabian (2008) e Pacheco *et al.* (2013, 2017a), a decomposição dos resíduos é diretamente influenciada pela temperatura e pela umidade do solo. A decomposição aumenta paralelamente ao incremento dessas variáveis climáticas que são mais elevadas no período chuvoso e atingem valores mínimos no período seco, condição esta também observada neste estudo, uma vez que ocorreram 45,6 mm de precipitação durante o período avaliado (Figura 1).

Através da constante de decomposição (k) é possível estimar o tempo de meia-vida ($T^{1/2}$ vida) da massa seca remanescente na superfície do solo. Os resultados mostram que os valores são próximos e variam em cada época avaliada (Tabela 2).

Tabela 2- Constante de decomposição (k) e tempo de meia-vida ($T^{1/2}$) da biomassa remanescente de diferentes coberturas em cultivo isolado e em consórcios em área sob sistema de plantio direto, em Uberaba, MG, 2025.

Coberturas	Massa seca remanescente			
	Total t ha ⁻¹	K g g ⁻¹	$T^{1/2}$ dias	R ² --
09 anos em SPD				
Braquiária (B)	9,33 d	0,0156	44	0,98**
Milheto (M)	10,99 c	0,0244	28	0,99
Crotalária (C)	10,37 c	0,0397	17	0,99
MIX 1	13,70 b	0,0290	24	0,99
MIX 2	11,31 c	0,0256	27	0,98
MIX 3	15,38 a	0,0171	41	0,99
F	55,11**	--	--	--
CV (%)	6,94	--	--	--
23 anos em SPD				
Braquiária (B)	8,11 e	0,0290	24	0,99
Milheto (M)	13,32 a	0,0265	26	0,99
Crotalária (C)	9,56 d	0,0148	47	0,99
MIX 1	17,93 a	0,0147	47	0,96
MIX 2	10,67 c	0,0171	41	0,99
MIX 3	7,16 f	0,0290	24	0,99
F	11,62**	--	--	--
CV (%)	9,27	--	--	--

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Nota:** = Significativo ($p < 0,05$); R² = Coeficiente de determinação. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Em seus estudos, Assis *et al.* (2013), Mazetto Júnior *et al.* (2019), Silveira *et al.*, (2021) e Torres *et al.*, (2022) observaram resultados semelhantes ao utilizarem a braquiária como planta de cobertura. Essa espécie apresentou a taxa de decomposição dos resíduos mais

acelerada quando comparada à crotalaria e ao milheto, confirmando que a menor relação C/N da braquiária contribuiu para acelerar a decomposição dos resíduos.

Entretanto, Marcelo; Corá e Fernandes (2012) verificaram que além da relação C:N, a análise das concentrações de lignina é importante na caracterização de materiais vegetais deixados no solo. Isso ocorre porque os resíduos de crotalaria, apesar de possuírem menor relação C:N, tiveram baixas taxas de decomposição, devido às maiores concentrações de lignina em seus resíduos, fenômeno observado na área de 23 anos de SPD.

4.3 Acúmulo e ciclagem de nutrientes

Com relação ao acúmulo de nutrientes nos resíduos das plantas de coberturas no momento do manejo da área de 09 anos em SPD, observou-se de forma geral que os maiores acúmulos de N (248,93 kg ha⁻¹), P (42,53 kg ha⁻¹) e Mg (25,13 kg ha⁻¹) ocorreram no MIX 3, de K (235,72 kg ha⁻¹) no MIX 2 e de Ca (51024 kg ha⁻¹) e S (21,57 kg ha⁻¹) no MIX 1. Por outro lado, os menores valores de N (121,21 kg ha⁻¹), P (20,22 kg ha⁻¹), Ca (23,17 kg ha⁻¹) e Mg (15,90 kg ha⁻¹) foram observados na braquiária, K (197,21 kg ha⁻¹) no MIX 3 e de S (14,84 kg ha⁻¹) no milheto (Tabela 3).

Segundo Giacomini *et al.* (2003), a mistura de plantas de diferentes famílias com relações C/N inversamente proporcionais, como ocorre entre Fabáceas e Poáceas, resulta em resíduos vegetais com uma relação C/N intermediária. Isso leva a uma menor taxa de decomposição dos resíduos da mistura, proporcionando cobertura de solo por um período mais longo, conforme confirmado neste estudo.

Torres *et al.* (2014b), ao avaliar a taxa de decomposição de resíduos vegetais de diferentes plantas de cobertura, observaram-se que a taxa de decomposição dos resíduos ocorreu de forma acelerada no início, seguida de uma redução de ritmo, a partir dos 120 dias. Esse comportamento também foi verificado no presente experimento, no qual a MS dos resíduos diminuiu drasticamente nos primeiros 60 dias após o corte das plantas de cobertura com uma redução progressiva no ritmo de decomposição após esse período.

O acúmulo de nutrientes variou de acordo com as diferentes plantas de coberturas cultivadas de forma isolada e consorciadas (Tabela 3), que de modo geral, a ordem de quantidade acumulada de nutrientes absorvidos pelas plantas foi: K > N > Ca > P > Mg > S.

Esse maior acúmulo de macronutrientes nos resíduos está diretamente relacionado à maior produção de massa seca, observada no MIX 1 (13,70 Mg ha⁻¹), MIX 2 (11,31 Mg ha⁻¹) e

MIX 3 (15,38 Mg ha⁻¹). Por outro lado, o menor acúmulo de macronutrientes foi verificado na braquiária, que produziu apenas 9,33 Mg ha⁻¹ de massa seca (Tabela 1).

Tabela 3- Acúmulo de macronutrientes, constante de decomposição (k) e tempo de meia-vida (T^{1/2}) nos resíduos das coberturas utilizadas em área sob cultivo de milho em área em sistema de plantio direto há 09 anos, em Uberaba, MG, em 2025.

Cobertura	Macronutriente acumulado nos resíduos						
	Nutriente	N	P	K	Ca	Mg	S
Braquiária (B)	Total (kg ha ⁻¹)	121,21 c	20,22 d	198,87 b	23,17 c	15,90 c	18,09 b
	k (g g ⁻¹)	0,0340	0,0312	0,0837	0,0183	0,0255	0,0308
	T ^{1/2} vida (dias)	20	22	8	38	27	23
	R ²	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Milheto (M)	Total (kg ha ⁻¹)	164,08 b	22,48 d	199,04 b	25,40 c	19,42 b	14,84 b
	k (g g ⁻¹)	0,0292	0,1501	0,1920	0,0384	0,0998	0,1053
	T ^{1/2} vida (dias)	24	5	4	18	7	7
	R ²	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Crotalária (C)	Total (kg ha ⁻¹)	149,64 b	28,75 c	212,23 b	47,57 a	22,07 a	17,27 b
	k (g g ⁻¹)	0,0342	0,1224	0,1421	0,0289	0,0720	0,0520
	T ^{1/2} vida (dias)	20	6	5	24	10	13
	R ²	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99
MIX 1	Total (kg ha ⁻¹)	191,14 b	33,63 b	210,76 b	51,24 a	22,19 a	21,57 a
	k (g g ⁻¹)	0,0324	0,0262	0,2634	0,0449	0,0395	0,0574
	T ^{1/2} vida (dias)	21	26	3	15	18	12
	R ²	0,99	0,93	0,99	0,99	0,99	0,99
MIX 2	Total (kg ha ⁻¹)	165,37 b	32,39 b	235,72 a	32,50 b	19,37 b	20,12 a
	k (g g ⁻¹)	0,0222	0,0673	0,1334	0,0245	0,0454	0,0902
	T ^{1/2} vida (dias)	31	10	5	28	15	8
	R ²	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,92
MIX 3	Total (kg ha ⁻¹)	248,93 a	42,53 a	197,21 b	48,07 a	25,13 a	20,12 a
	k (g g ⁻¹)	0,0406	0,1306	0,1170	0,0461	0,0323	0,1033
	T ^{1/2} vida (dias)	17	5	6	15	21	7
	R ²	0,96	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98
Teste F	--	13,94**	57,29**	6,74**	24,34**	8,20**	5,49**
CV (%)	--	25,83	13,73	22,24	27,13	4,71	9,38

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Nota:* = Significativo (p<0,05). Médias seguidas de mesma letra na coluna comparam as coberturas e não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05). R² = Coeficiente de determinação; CV = Coeficiente de variação.

O N e o K são os nutrientes mais exigidos pela maioria das espécies vegetais, apresentando acumulação até cinco vezes maior do que o P e de duas a três vezes maior que a do Ca. Enquanto que o S é o nutriente menos exigido, e conseqüentemente o menos acumulado (Brady, 2013). Esse padrão foi identificado no presente estudo, com uma relação N/P de aproximadamente de 5,8 vezes.

Em Uberaba-MG, sob condições naturais, Torres; Pereira e Fabian (2008) e Torres e Pereira (2008) quantificaram a produção de massa seca de braquiária, milho e crotalária em 6,0, 10,3 e 3,9 t ha⁻¹, que acumularam valores elevados de N (130,80; 165,55 e 118,11 kg ha⁻¹), P (13,30; 22,60 e 10,80 kg ha⁻¹), K (214,70; 218,90 e 59,20 kg ha⁻¹), Ca (18,70; 41,12 e 42,60 kg ha⁻¹), Mg (21,10; 22,60 e 12,80 kg ha⁻¹) e S (9,00; 13,40 e 4,20 kg ha⁻¹) no período chuvoso. No entanto, esses valores foram inferiores aos obtidos no presente estudo para a mesma área e época do ano, considerando as duas áreas avaliadas (09 e 23 anos).

Já no período seco a produção de massa seca dessas mesmas plantas foi de 2,1, 3,6 e 3,7 Mg ha⁻¹, com acúmulos significativamente menores de N (41,65; 55,75 e 76,39 kg ha⁻¹), P (2,33; 4,71 e 4,06 kg ha⁻¹), K (45,79; 56,47 e 39,11 kg ha⁻¹), Ca (8,69; 23,17 e 22,14 kg ha⁻¹), Mg (5,94; 11,22 e 6,64 kg ha⁻¹) e S (3,18; 6,52 e 4,06 kg ha⁻¹) em comparação ao período chuvoso.

Em Lavras-MG, Teixeira *et al.* (2009), quantificaram a produção de MS de milho e da mistura milho + crotalária em 6,9 e 12,45 t ha⁻¹, respectivamente. Esses tratamentos acumularam N (131,10 e 252,11 kg ha⁻¹), P (18,23 e 30,67 kg ha⁻¹), K (161,25 e 210,45 kg ha⁻¹), Ca (36,19 e 127,60 kg ha⁻¹), Mg (10,27 e 30,72 kg ha⁻¹) e S (18,63 e 22,18 kg ha⁻¹). Esses valores são semelhantes aos obtidos no presente estudo.

Com relação ao tempo de meia vida (T_{1/2}), os menores valores foram observados para o K, confirmando a sua elevada mobilidade no solo e na planta. De acordo com Meurer (2004), a alta mobilidade do K deve-se ao fato de esse elemento não fazer parte de nenhuma estrutura, ou molécula orgânica, sendo encontrado adsorvido, ou como cátion livre.

Na área de 23 anos em SPD, o maior acúmulo de macronutrientes ocorreu na área com MIX 1 para o N (272,70 kg ha⁻¹), P (53,02 kg ha⁻¹), K (212,54 kg ha⁻¹), Mg (38,35 kg ha⁻¹), S (36,59 kg ha⁻¹), enquanto o maior acúmulo de Ca (56,35 kg ha⁻¹) foi observado no milho. Por outro lado, os menores valores foram verificados no MIX 3 para N (101,83 kg ha⁻¹), P (13,41 kg ha⁻¹), Ca (24,10 kg ha⁻¹) S (14,52 kg ha⁻¹) e na braquiária para o K (100,42 kg ha⁻¹) e Mg (15,96 kg ha⁻¹). As demais plantas em cultivo isolado ou consorciado apresentaram valores intermediários (Tabela 4).

De forma geral, o acúmulo de macronutrientes na área de 23 anos em SPD foi inferior para a maioria das coberturas utilizadas, quando comparado às mesmas coberturas cultivadas na mesma época na área 9 anos em SPD. A exceção foi o MIX 1, que apresentou maior produção de massa seca (17,93 Mg ha⁻¹), valor 31% superior ao obtido na área de 09 anos (13,70 Mg ha⁻¹) (Tabela 1).

Em Selvíria-MS, Leal *et al.* (2013), ao avaliarem a produção de MS de milho e crotalária observaram valores de 4,2 e 4,2 t ha⁻¹, respectivamente, com acúmulo de N (50,5 e 107,3 kg ha⁻¹), P (9,6 e 12,1 kg ha⁻¹), K (49,2 e 72,5 kg ha⁻¹), Ca (22,5 e 45,2 kg ha⁻¹) e Mg (15,0 e 16,8 kg ha⁻¹) em seus resíduos.

Tabela 4- . Acúmulo de macronutrientes constante de decomposição (k) e tempo de meia-vida (T_{1/2}) nos resíduos das coberturas utilizadas em área com 23 anos em sistema de plantio direto, em Uberaba, MG.

Cobertura	Nutriente	Macronutriente acumulado nos resíduos					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Braquiária (B)	Total (kg ha ⁻¹)	129,65 d	18,64 d	100,42 c	25,50 c	15,96 d	14,83 d
	k (g g ⁻¹)	0,0383	0,1145	0,1135	0,0303	0,0465	0,0863
	T _{1/2} vida (dias)	18	6	6	23	15	8
	R ²	0,98	0,98	0,99	0,95	0,98	0,99
Milheto (M)	Total (kg ha ⁻¹)	192,38 b	30,15 b	206,96 a	56,35 a	29,43 b	22,37 b
	k (g g ⁻¹)	0,0382	0,1093	0,1608	0,0758	0,1593	0,0670
	T _{1/2} vida (dias)	18	6	4	9	4	10
	R ²	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Crotalária (C)	Total (kg ha ⁻¹)	157,41 c	28,74 b	132,13 b	24,43 c	21,21 c	14,42 d
	k (g g ⁻¹)	0,0382	0,1069	0,1837	0,0187	0,0506	0,0932
	T _{1/2} vida (dias)	18	6	4	37	14	7
	R ²	0,98	0,99	0,99	0,98	0,98	0,99
MIX 1	Total (kg ha ⁻¹)	272,70 a	53,02 a	212,54 a	53,95 a	38,35 a	36,59 a
	k (g g ⁻¹)	0,0257	0,0699	0,1435	0,0180	0,0463	0,0822
	T _{1/2} vida (dias)	3	10	5	39	15	8
	R ²	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
MIX 2	Total (kg ha ⁻¹)	134,71 d	25,26 c	133,24 b	35,46 b	21,61 c	18,33 c
	k (g g ⁻¹)	0,0151	0,0636	0,1220	0,0270	0,0345	0,0598
	T _{1/2} vida (dias)	46	11	6	26	20	12
	R ²	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,92
MIX 3	Total (kg ha ⁻¹)	101,83 c	13,41 e	120,76 b	24,10 c	16,51 d	14,52e
	k (g g ⁻¹)	0,0402	0,0700	0,2003	0,0329	0,0872	0,1093
	T _{1/2} vida (dias)	17	10	3	21	8	6
	R ²	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,98
Teste F		136,10**	68,96**	43,60**	52,82**	66,80**	56,14**
CV (%)		13,08	22,23	19,93	17,77	17,21	20,40

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Nota:* = Significativo (p<0,05). Médias seguidas de mesma letra na coluna comparam as coberturas e não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05). R² = Coeficiente de determinação; CV = Coeficiente de variação.

Por outro lado, Silva *et al.* (2017), na mesma região, registraram produção de MS de crotalária de 19,7 e 11,4 t ha⁻¹ nos anos de 2015 e 2016, respectivamente, com acúmulo de N (387,5 e 394,2 kg ha⁻¹), P (66,3 e 45,9 kg ha⁻¹), K (396,0 e 192,7 kg ha⁻¹), Ca (134,7 e 69,1 kg ha⁻¹), Mg (69,0 e 51,1 kg ha⁻¹) e S (55,8 e 77,9 kg ha⁻¹). Esses resultados demonstram que a

quantidade de massa seca produzida pelas coberturas vegetais influencia diretamente na quantidade de nutrientes acumulados, padrão também observado no presente estudo.

Em Rio Verde-GO, sob condições naturais, Pacheco *et al.* (2011) quantificaram a produção de MS de braquiária e milho em 6,2 e 2,4 Mg ha⁻¹, respectivamente, na safra 2008/09. Essas plantas acumularam quantidades elevadas de N (116,1 e 29,3 kg ha⁻¹), P (10,4 e 2,6 kg ha⁻¹), K (92,9 e 12,7 kg ha⁻¹), Ca (53,8 e 8,9 kg ha⁻¹) e Mg (11,6 e 3,8 kg ha⁻¹). Na safra seguinte (2009/10), a produção de MS foi de 7,5 e 6,1 t ha⁻¹, com acúmulos maiores de N (98 e 78,8 kg ha⁻¹), P (19,6 e 16,2 kg ha⁻¹), K (112,4 e 53,8 kg ha⁻¹) e Ca (63,7 e 49,0 kg ha⁻¹), em comparação ao ano anterior, no entanto esses valores foram inferiores aos observados no presente estudo.

Avaliando a produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalaria e milho, cultivados solteiros e consorciados, Soratto *et al.* (2012) observaram que o milho produz maior quantidade de fitomassa e acumula mais N, P, K, Mg, S, C e Si, enquanto a crotalaria acumula maior quantidade de Ca. Além disso, constataram que a fitomassa do milho apresenta maior taxa de decomposição e de liberação de nutrientes, sendo que as maiores taxas de decomposição e liberação diária de nutrientes das palhadas ocorrem de 0 a 18 dias após o manejo. Com o passar do tempo, verificou-se um aumento das relações C/N, C/P e C/S, além de uma redução da relação C/Si e na taxa de decomposição da matéria seca. Observou-se também que o K é o nutriente mais rapidamente disponibilizado ao solo, enquanto o Si apresenta a menor taxa de liberação.

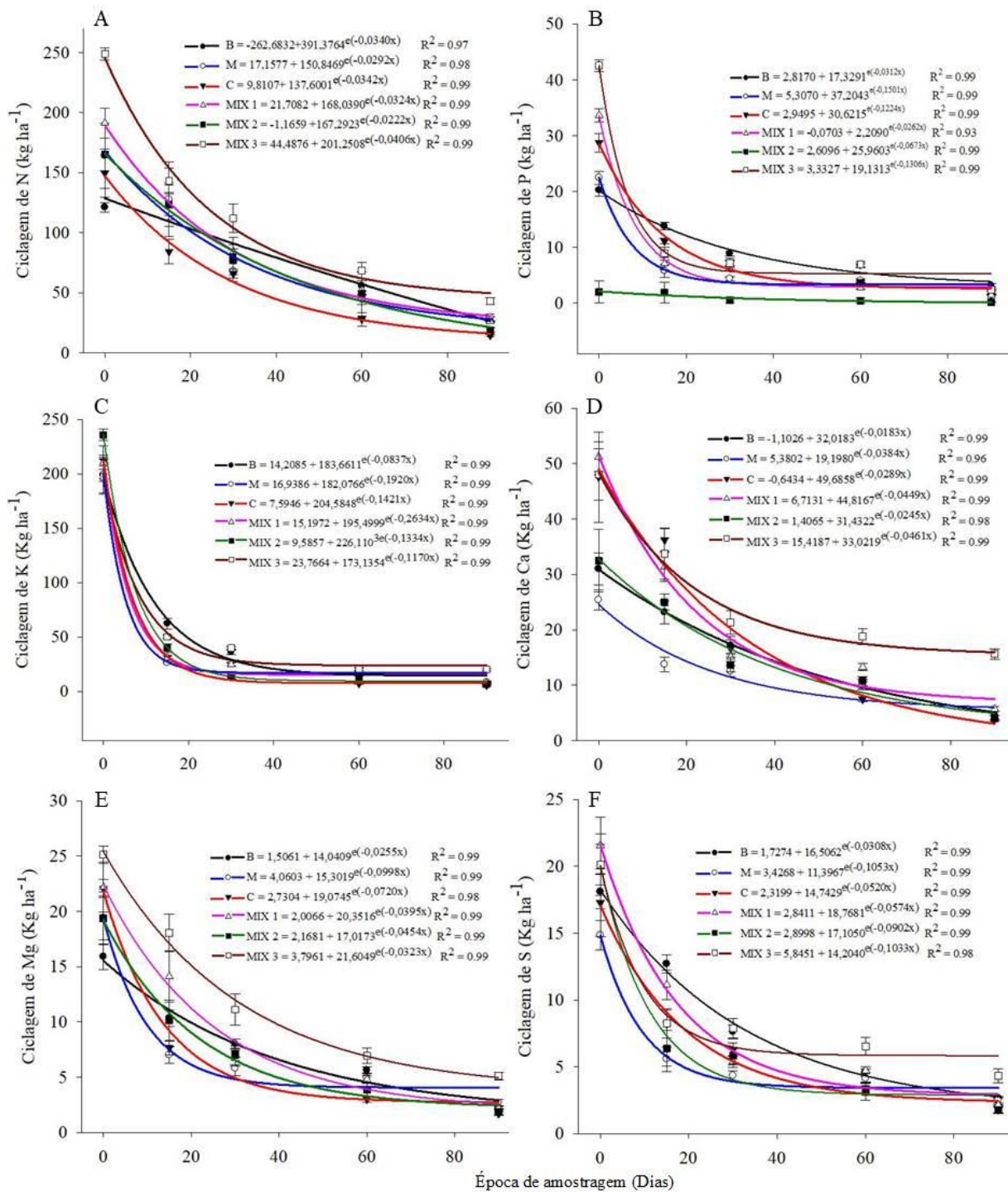
Analisando as curvas de regressão, observa-se uma função exponencial decrescente, na qual N e P foram os macronutrientes que mais foram acumulados nos resíduos na área de 09 anos em SPD (Figura 3).

O consórcio de Fabáceas e Poáceas com outras plantas busca aliar os benefícios individuais de cada espécie, podendo atenuar o problema de baixa produção individual de massa seca. Além disso, proporcionou maior persistência de palhada, amenizou a deficiência de N nos estágios iniciais de desenvolvimento da cultura sucedânea e contribuiu para a reciclagem dos nutrientes com elevada mobilidade no solo (Calvo; Foloni; Brancallão, 2010).

O N, um dos elementos mais abundantes e amplamente requerido por diversas espécies vegetais, teve uma liberação lenta em todos os tratamentos. O tratamento com o cultivo isolado de braquiária foi o que liberou o N de forma mais lenta e constante no solo. Carvalho; Xavier; Santos (2021) observaram que as espécies gramíneas demoraram mais tempo para liberar N, embora em quantidades menores, o que também foi observado no presente estudo.

Em relação ao acúmulo e à liberação de P, com exceção do MIX 2 e da braquiária, os tratamentos apresentaram uma liberação inicial rápida desse macronutriente, a qual se estabilizou após 20 dias do corte dos resíduos, passando a liberar lentamente. Nos solos do Cerrado a disponibilidade de P é muito baixa, o que reduz seu acúmulo na biomassa.

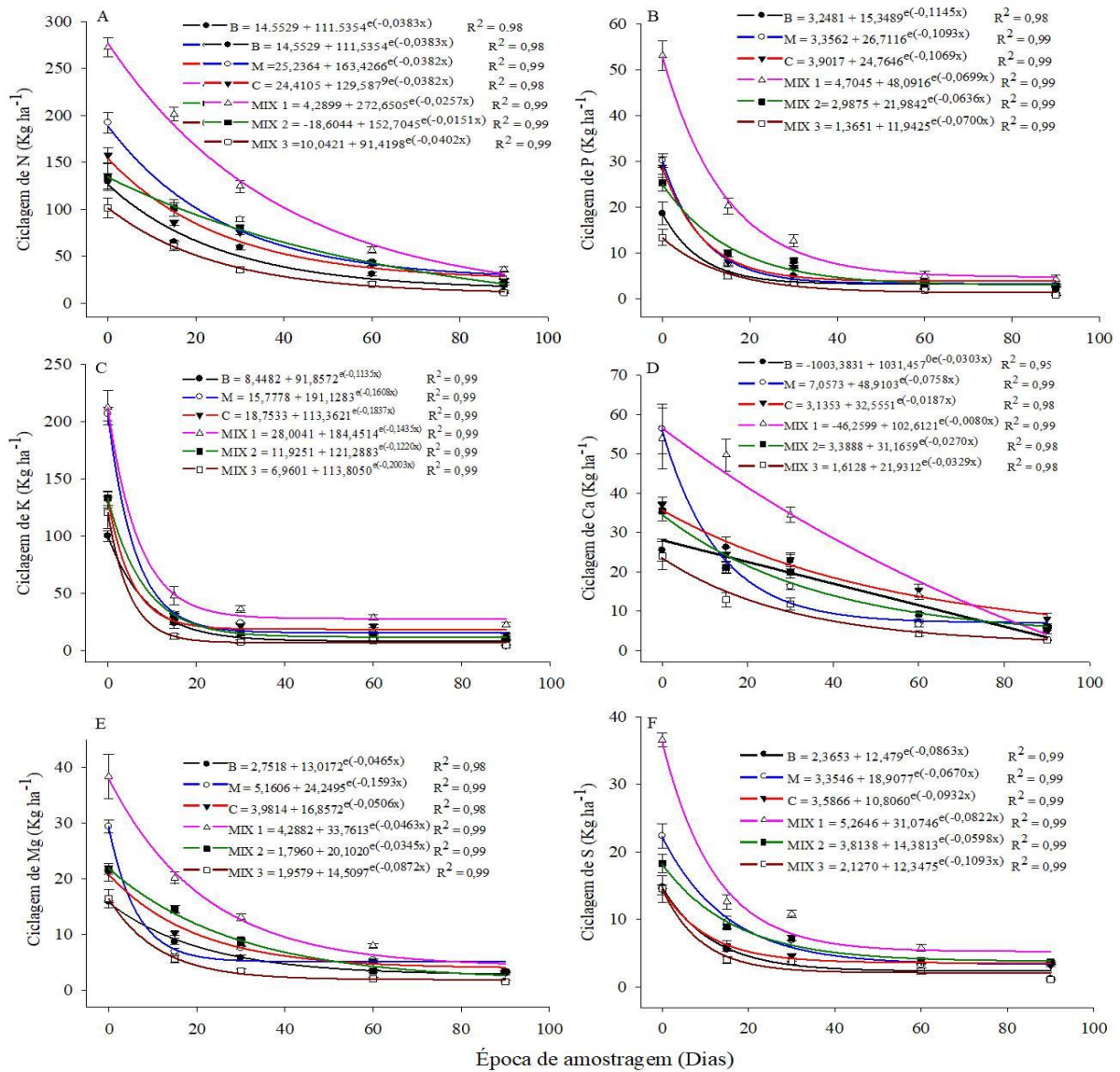
Figura 3- Ciclagem de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) e S (F) dos resíduos de braquiária (B), milho (M), crotalária (C) e nos consórcios MIX 1, MIX 2 e MIX 3 ao 0, 15, 30, 60 e 90 dias após distribuição das sacolas, em área sob cultivo em sistema de plantio



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Na Figura 4, nas curvas de regressão observa-se uma função exponencial decrescente, e o MIX 1 foi o tratamento que obteve o maior acúmulo de nutrientes. Nesse consórcio, todos os macronutrientes apresentam uma rápida liberação no solo, com exceção do Ca, que foi liberado lentamente.

Figura 4- Ciclagem de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) e S (F) nos resíduos de braquiária (B), milho (M), crotalária (C) e dos consórcios MIX 1, MIX 2 e MIX 3 ao 0, 15, 30, 60 e 90 dias após a distribuição das sacolas, em área sob cultivo com 23 anos em sistema de plantio direto, em Uberaba, MG.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Favarato *et al.* (2020) também observaram uma liberação gradativa de Ca em palhada de Poácea com tempo de meia vida de 41 dias. Por ser um elemento que faz parte da composição estrutural das células e atuar como cofator de algumas enzimas na hidrólise de ATP e fosfolípidios, o Ca apresenta maior dificuldade de ser mineralizado na biomassa e liberado no solo (Taiz e Zeiger, 2016).

Assim como ocorreu no cultivo na área de 09 anos, na de 23 anos em SPD também foi observada uma rápida liberação de K no solo em todos os tratamentos. Aos 20 dias mais de 50% do K remanescente na palhada já havia sido liberado. Por formar ligações com complexos orgânicos de fácil reversibilidade, na medida em que a fitomassa das plantas de cobertura se decompõe, o K presente nos resíduos é rapidamente lavado pela água das chuvas e liberado no solo (Favarato *et al.*, 2020; Mateus *et al.*, 2017; Calonego *et al.*, 2012).

5 CONCLUSÃO

A maior produção de massa seca nas plantas de cobertura em cultivo isolado ocorreu no milho com 10,99 e 13,32 Mg ha⁻¹ nas áreas de 09 e 23 anos em SPD, respectivamente. Já nos cultivos consorciados, a maior produção de MS ocorreu no MIX 1 (Braquiária ruziziensis, Milheto, Crotalária ochroleuca, Trigo mourisco, Crotalária breviflora, Capim coracana e Crambe) na área de 23 anos em SPD e no MIX 3 (Braquiária ruziziensis, Crotalária ochroleuca, Trigo mourisco, Crotalária breviflora, Capim coracana e Crambe) na área com 09 anos em SPD;

A maior taxa de decomposição dos resíduos das plantas de cobertura ocorreu na crotalária na área com 09 anos em SPD. E a menor no milho nas duas áreas (09 e 23 anos em SPD), o que o sugere como a melhor planta de cobertura para proteção do solo por um maior período de tempo.

O maior acúmulo de nutrientes nos resíduos das coberturas ocorreu no MIX 1 na área com 23 anos em SPD e no MIX 3 na área de 09 anos em SPD, o que demonstra a relação diretamente proporcional da maior produção de matéria seca com o maior acúmulo de nutrientes.

Em relação à ciclagem de nutrientes dos resíduos das plantas de cobertura para o solo, independente do tipo de cobertura utilizado nesse experimento, o K foi o macronutriente mais rapidamente liberado para o solo e o Ca o que mais persistiu nos resíduos das coberturas.

REFERÊNCIAS

- ABRANCHES, M. de O.; SILVA, G. A. M. da; SANTOS, L. C. dos; PEREIRA, L. F.; FREITAS, G. B. de. Contribuição da adubação verde nas características químicas, físicas e biológicas do solo e sua influência na nutrição de hortaliças. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v.10, n.7, e7410716351, jun. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16351>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16351/14544>. Acesso em: 04 set. 2023.
- ALVAREZ, R.; STEINBACH, H. S.; PAEPE, J. L. de Cover crop effects on soils and subsequent crops in the pampas: A meta-analysis. **Soil Tillage Research**, Amsterdã v.170, p 53-65, Jul. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.03.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167198717300594>. Acesso em: 04 set. 2023.
- ARAÚJO, F. C. de; NASCENTE, A. S.; GUIMARÃES, J. L. N.; SOUSA, V. S.; SILVA, M. A. Cultivo de plantas de cobertura na produção de biomassa de plantas daninhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 11., 2019, Balneário Camboriú. **Anais [...]**. Balneário Camboriú: Embrapa, 2019. p. 1-4. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1111824/cultivo-de-plantas-de-cobertura-na-producao-de-biomassa-de-plantas-daninhas>. Acesso em: 04 set. 2023
- ASSIS, R. L. de.; OLIVEIRA, C. A. A. de; PERIN, A.; SIMON, G. A.; SOUZA JUNIOR, B. A. de. Produção de biomassa, acúmulo de nitrogênio por plantas de cobertura e efeito na produtividade do milho safrinha. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16 p. 1769-1775, 2013. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/producao%20de%20biomassa.pdf>. Acesso em: 04 set. 2023.
- BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N.E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. Present and future Köppen–Geiger climate classification map sat 1-km resolution. **Scientific Data**, London, v. 5, n. 180214, p.1-12, Oct. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/sdata2018214#citeas>. Acesso em: 04 set. 2023.
- BOER, C. A.; ASSIS, R. L. de; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 9, p.1269-1276, set. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000900008>. Acesso em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/K3BFqHMNz9FvByG6d3Zy8pc/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 04 set. 2023.
- BOYER, C. N.; LAMBERT, D. M.; LARSON, J. A.; TYLER, D. D. Invest mentanalysis of cover cropand no-tillage systems on Tennessee cotton. **Agronomy Journal**, Nova Jersey, v. 110, n. 1, p. 331-338, Jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2017.08.0431>. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj2017.08.0431>. Acesso em: 04 set. 2023.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Tradução Igo Fernando Lepsch. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. dos. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p.770- 781, set./ out., 2012. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13885>. Acesso em: 05 out. 2023.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milheto e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 77-86, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000100011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/nkDGSdmnHVnCwkHV3976QBk/>. Acesso em: 05 out. 2023.

CANALLI, L. B. D. S.; CALEGARI, A. Adubação verde ou plantas de cobertura. *In*: BERTOL, O. J.; COLOZZI FILHO, A.; BARBOSA, G. M. de C.; SANTOS, J. B. dos; GUIMARÃES, M. de F. (org.). **Manual de manejo e conservação do solo e da água para o estado do Paraná**. Curitiba: NEPAR-SBSC, 2019. p. 120–123.

CARVALHO, J. E. B. de; XAVIER, F. A. da S.; SANTOS, N. S. dos. **Decomposição e liberação de nutrientes por diferentes plantas de cobertura em um pomar de laranja**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2021. *E-book*. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 123). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1135161/1/BoletimPesquisa123-JoseEduardo-AINFO.pdf>. Acesso em: 05 out. 2023.

CHERUBIN, M. R. (org.). **Guia prático de plantas de cobertura: aspectos filotécnicos e impactos sobre a saúde do solo**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2022. *E-book*. DOI: 10.11606/9786589722151. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/Livro_Plantas_de_Cobertura_completo.pdf. Acesso em: 05 out. 2023.

COELHO, V. O. **Fauna edáfica como bioindicadora da qualidade do solo em áreas sob diferentes sistemas de manejo no cerrado**. 2020. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2020. Disponível em: <https://bdtd.ufm.edu.br/handle/123456789/1209>. Acesso em: 05 out. 2023.

COLLIER, L. S.; ARRUDA, E. M.; CAMPOS, L. F. C.; NUNES, J. N. V. Soil chemical attributes and corn productivity grow non legume stubble in agroforestry systems. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 2, p. 279-289, abr./ jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n203rc>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/nkbKgQcSfycMXPsb5zscTcS/?lang=en>. Acesso em: 05 out. 2023.

COLLIER, L. S.; KIKUCHI, F. Y.; BENÍCIO, L. P. F.; SOUSA, S. A. de. Consórcio e sucessão de milho e feijão-de-porco como alternativa de cultivo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p.306-313, jul./ set. 2011. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/8706>. Acesso em: 05 out. 2023.

FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L. de; GUARÇONI, R. C.; FORNAZIER, M. J.; MARTINS, A. G. Persistência e liberação de nutrientes de diferentes palhadas no sistema de plantio direto orgânico de milho verde. *In*: RIBEIRO, J. C. (org.). **Impacto, excelência e produtividade**

das ciências agrárias no Brasil 4, cap. 3, p. 26-41, 2020. *E-book*. DOI: 10.22533/at.ed.5372021053. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/index.php/catalogo/post/persistencia-e-liberacao-de-nutrientes-de-diferentes-palhadas-no-sistema-plantio-direto-organico-de-milho-verde>. Acesso em: 05 out. 2023.

FERNANDES, F. C. da S.; LIBARDI, P. L. Distribuição do nitrogênio do sulfato de amônio (15N) no sistema solo-planta, em uma sucessão de culturas, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 3, p. 885-894, jun. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000300019>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/fCbYgm4rtSJphtNgtHTj9rF/>. Acesso em: 10 nov. 2023.

FERREIRA, A. C. de B.; BORIN, A. L. D. C.; LAMAS, F. M.; SOFIATTI, V. Plantas de cobertura em segunda safra: nutrientes na palhada e produtividade de algodoeiro em sucessão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 53, e75032, p. 1- 10, jun. 2023. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/75032>. Acesso em: 10 nov. 2023.

FERREIRA, C. dos R.; GUEDES, J. do N.; ROSSET, J. S.; ANJOS, L. H. C. dos; PEREIRA, M. G. Diversidade da macrofauna edáfica em áreas de plantio direto com diferentes tempos de implantação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 2, p. 599-610, mar./ abr. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n2p599>. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/32106>. Acesso em: 10 nov. 2023.

FONSECA, J. S. **Plantas de cobertura e sua influência nas propriedades físicas do solo e no rendimento de culturas estivais**. 2017. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Pampa, Alegrete. 2017. Disponível em: <https://dspace.unipampa.edu.br/handle/rii/1927?locale=es>. Acesso em: 10 nov. 2023.

FONTES, M. P. F. Intemperismo de rochas e minerais. *In*: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P. (ed.). **Pedologia: fundamentos**. Viçosa, MG: SBCS, 2012. cap. 6, p. 171-202.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; HÜBNER, A. P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E. B. do. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p.1097- 1104, set. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000900011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/QHHpxGhNLQLW9nT5strhbxH/?lang=pt>. Acesso em: 10 nov. 2023.

GOULART, L. M. **A importância do sistema plantio direto para a agricultura e meio ambiente**. 2018. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) -Centro Universitário de Goiás Uni-Anhanguera, Goiânia, 2018. Disponível em: <http://repositorio.anhanguera.edu.br:8080/jspui/handle/123456789/125>. Acesso em 10 nov. 2023.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; SOARES, P. F. C.; BARROS, F. da C.; PERIN, A.; ROSSI, C. Q. Compartimentos da matéria orgânica de um Latossolo sob diferentes tipos de semeadura direta. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, n. 2, p.533–548, mar./abr. 2018. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n2p533>. Disponível em:

<https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/30308>. Acesso em: 10 nov. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Informações sobre as condições climáticas do município de Uberaba-MG**. Brasília, DF: INMET, 2024. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>; Acesso em: 08 out. 2024.

LAMEGO, F. P.; KASPARY, T. E.; RUCHEL, Q.; GALLON, M.; BASSO, C. J.; SANTI, A. L. Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao glyphosate: coberturas de inverno e herbicidas em pré-semeadura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 433-442, jun. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000200022>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/8yvSpQHkfcV5KxqBd56Bqk/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 jan. 2024

LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; MARCANDALLI, L. H. Adubação nitrogenada para milho com o uso de plantas de cobertura e modos de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 37, n. 2, p. 491-501, abr. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000200020>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/wpCDfRSVfnbsF9CRmNVNzHv/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

LOSS, A.; FERREIRA, L. B.; GONZATTO, R.; GIUMBELLI, L. D.; MAFRA, ÁLVARO L.; GOEDEL, A.; KURTZ, C. Efeito da sucessão ou rotação de culturas sobre a fertilidade do solo após sete anos de cultivo com cebola. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 16587- 1660, mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-507>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/8323>. Acesso em: 10 jan. 2024.

MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta: II - decomposição e liberação de nutrientes na entressafra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p.1568–1582, nov. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000500021>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/qZZ98W4dXhy3qXV9GM6WzTb/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

MATEUS, G. P.; ARAÚJO, H. S.; MÜLLER, R. do V.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGES, W. L. B. Decomposição e teor de macronutrientes da palhada em função do manejo do solo e rotação de culturas em áreas de reforma de canavial. **Nucleus**, Ituverava, dição Especial, p.93-102, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3738/1982.2278.2824>. Disponível em: <https://mail.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/2824>. Acesso em: 05 fev. 2024.

MAZETTO JÚNIOR J. C.; TORRES, J. L. R.; COSTA, D. D. de A.; SILVA, V. R e.; SOUZA, Z. M. de; LEMES, E. M. Production and decomposition of cover crop residues and associations with soil organic fractions. **Journal of Agricultural Science**, Ontario, v. 11, n. 5, p. 58-69, Apr. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n5p58>. Disponível em: <https://ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/0/39079>. Acesso em: 05 fev. 2024.

MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 2 ed. Porto Alegre: Gênese, 2004.

OLIVEIRA, B. da S.; CARVALHO, M. A. C. de; LANGE, A.; WRUCK, F. J.; DALLACORT, R.; SILVA, V. P. da; BAREA, M. Atributos físicos do solo em sistema de

integração lavoura pecuária-floresta, na região Amazônica. **Revista Espacios**, Caracas, v. 38, n. 41, p. 1-12, maio 2017. Disponível em:

<https://www.revistaespacios.com/a17v38n41/a17v38n41p08.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2024.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. de A.; ASSIS, R. L. de; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 1, p.17-25, jan. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000100003>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pab/a/BPVHKxxjn8KJ4qJBFxB7tzC/>. Acesso em: 10 mar. 2024.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. de A.; ASSIS, R. L. de; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 9, p. 1228-1236, set. 2013. DOI:

<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000900006>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pab/a/jWXyMqcSzRLdRwFbvm3hHwz/>. Acesso em: 10 mar. 2024.

PACHECO, L. P.; MIGUEL, A. S. D. C. S.; SILVA, R. G. da; SOUZA, E. D. de; PETTER, F. A.; KAPPES, C. Biomass yield in production systems of soybean sown in succession to annual crops and cover crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 52, p. 582-591, ago. 2017a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000800003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/ZH7hNyFFstNgXBzMnJkbtCQ/?lang=en>. Acesso em: 10 mar. 2024.

PACHECO, L. P.; MONTEIRO, M. M. de S.; PETTER, F. A.; NÓBREGA, J. C. A.; SANTOS, A. S. dos. Biomass and nutrient recycling by cover crops in brazilian cerrado in the state of Piauí. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 1, p.13 – 23, jan./ mar. 2017b. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n102rc>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rcaat/a/sC4KDpmtLVY5fWvJGSQC3kx/>. Acesso em: 15 abr. 2024.

PASSOS, A. M. A dos.; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, F. C. dos. Sistema de plantio direto. In: NOBRE; M. M.; OLIVEIRA I. R. de. (ed.). **Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. cap. 3, p. 61-104. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1101744/agricultura-de-baixo-carbono-tecnologias-e-estrategias-de-implantacao>. Acesso em: 15 abr. 2024.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1989.

PERALTA, G.; ALVAREZ, C. R.; TABOADA, M. A. Soil compaction alleviation by deep non-inversion tillage and crop yield responses in no tilled soils of the Pampas region of Argentina. A meta- analysis. **Soil and Tillage Research**, Amsterdã, v. 211, n. 3, p. 1-12, Jul. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105022>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167198721000921>. Acesso em: 15 abr. 2024.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos

verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p.35-40, jan. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000100005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/hF8p3kDYvvxgcnXtKDmMBSf/>. Acesso em: 15 abr. 2024.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA CABALLERO, S. S.; GUERRA, J. G. M.; GUSMÃO, L.A. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalária e milho solteiros e consorciados. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 2, p.274-281, mar./ abr. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2010000200020>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/p87X6tDf9SZFNLv56hGgYbn/?lang=pt>. Acesso em: 15 abr. 2024.

SALOMÃO, P. E. A.; KRIEBEL, W.; SANTOS, A. A. dos; MARTINS, A. C. E. A importância do sistema de plantio direto na palha para reestruturação do solo e restauração da matéria orgânica. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 1, e154911870, p. 1- 21, jan. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i1.1870>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1870>. Acesso em: 06 jun. 2024.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/assets/docs/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2024.

SANTOS, P. F.; WHILFORD, W.G. The effects of microarthropods on litter decomposition in a chihuazhuan ecosystem. **Ecology**, Washington, v. 62, n. 3, p. 654-669, June 1981. DOI: <https://doi.org/10.2307/1937733>. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19812610124>. Acesso em: 06 jan. 2024.

SILVA, J. C. R. da. **Atributos físicos do solo e macrofauna edáfica em sistema agroflorestal e mata**. 2021. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/1257685>. Acesso em: 10 mar. 2024.

SILVA, M. A.; NASCENTE, A. S.; FRASCA, L. L. de M.; REZENDE, C. C.; FERREIRA, E. A. S.; FILIPPI, M. C. C. de; LANA, A. C.; FERREIRA, E. P. de B.; LACERDA, M. C. Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e das culturas comerciais no cerrado. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v.10, n. 12, e11101220008, p, 1- 11, set. 2021a. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20008>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/20008>. Acesso em: 10 mar. 2024.

SILVA, M. de O.; SANTOS, M. P. dos; PAZ, A. C. da P.; SILVA, R. L. V. da; MOURA, I. A. A de; SILVA, R. S. da; COSTA, K. da S. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 7, n. 1, p.6853-6875, jan. 2021b. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-463>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/23374>. Acesso em: 10 mar. 2024.

SILVA, M. S.; OLIVEIRA, G. R. F.; MERLOTI, L. F.; SÁ, M. E. Acúmulo de nutrientes e massa seca produzida por *Crotalaria juncea* cultivada no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 11, n. 1, p. 26-36, mar 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2017v11n1p26-36>. Disponível em: <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/485>. Acesso em: 10 mar. 2024.

SILVEIRA, B. de S.; TORRES, J. L. R.; ORIOLI JÚNIOR, V.; FAVARO, J. H. da. S.; COSTA, L. L.; CHARLO, H. C. de O. Cover crops in the production of green and sweet corn. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 94–101, jan./ mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210114>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/C5Yyc5VFqWLMx5WWJffMJw/>. Acesso em: 10 jun. 2024.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. H. M da.; FERRARI NETO, J.; CASTRO, G. S. A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 10, p. 1462-1470, out. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012001000008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/jd7jz3fkHD9SHpCxQzyBtp/>. Acesso em: 10 jun. 2024.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J. de; ANDRADE, M. J. B. de; SILVA, C. A.; PEREIRA, J. M. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milheto e milheto + crotalária no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 647-653, dez. 2009. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v31i4.1356>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/XNjPp6rtWYCS9Qg6CWnPDqQ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 jun. 2024.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Embrapa, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>. Acesso em: 10 jun. 2024.

THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M. Decompositions of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology Biochemistry**, Amsterdã, v. 25, n. 10, p.1351-1361, Oct. 1993. DOI: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(93\)90050-L](https://doi.org/10.1016/0038-0717(93)90050-L). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/003807179390050L>. Acesso em: 10 ago. 2024

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C. & FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 609-618, jul. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000400013>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/3QSGJYKdF9G3TjDwmWZ5LNF/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 ago. 2024.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, p.

1609-1618. ago. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000400025>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/srJW4KyMwPtRsnrFp5Cn4tt/>. Acesso em: 10 ago. 2024.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 3, p. 421-428, mar. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000300018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/7GTdBhpsr6WRHfNySkC9tkk/?lang=pt>. Acesso em: 10 set. 2024.

TORRES, J. L. R.; CUNHA, M. de A.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, D. M. S. Cultivo de feijão e milho em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 117-125, dez. 2014a. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/3213>. Acesso em: 10 set. 2024.

TORRES, J. L. R.; SILVA, M. G. de S.; CUNHA, M. de A.; VALLE, D. X. P.; PEREIRA, M. G. Produção de fitomassa e decomposição de resíduos culturais de plantas de coberturas no cultivo da soja em sucessão. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 247 - 253, jul./ set, 2014b. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2371/237132104028.pdf>. Acesso em: 10 set. 2024.

TORRES, J. L. R.; CIABOTTI, E. D.; GOMES, F. R. C.; LEAL JUNIOR, A. L. B.; VIEIRA, D. M. S.; COSTA, L.L. Physico-chemical attributes of no-till Brassica crops cultivated after various cover crops. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 2, p.252-257, abr./ jun. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620170216>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/JfTbpHwcyN3rHwR4BGtSny/>. Acesso em: 10 set. 2024.

TORRES, J. L. R.; MAZETTO JÚNIOR, J. C.; SILVA JÚNIOR, J.; VIEIRA, D. M. S.; SOUZA, Z. M.; ASSIS, R. L.; LEMES, E. M. Soil physical attributes and organic matter accumulation under no-tillage systems in the cerrado. **Soil Research**, Austrália, v. 57, n. 7, p.712–718, Aug. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1071/SR19047>. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/SR/SR19047>. Acesso em: 10 out. 2024.

TORRES, J. L. R.; GOMES, F. R. da C.; BARRETO, A. C.; ORIOLI JUNIOR, V.; FRANÇA, G. D.; LEMES, E. M. Nutrient cycling of different plant residues and fertilizer doses in broccoli cultivation. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p.11-10, jan./ mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210102>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/63XCnMX9FhsCsfJyrq9r8R/>. Acesso em: 10 out. 2024.

TORRES, J. L. R.; SILVA, G. G. da; CHARLO, H. C. de O.; LOSS, A.; LEMES, E. M.; VIEIRA, D. M. da S. Lettuce crop fertilized with organomineral source of phosphorus and micronutrients. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 4, p. 393-402, out./dez. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20220407>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/3bwGymbwhLkMnJ8wtXJQPM/>. Acesso em: 10 out. 2024.

TORRES, J. L. R.; VIEIRA, D. M. da S.; ORIOLI JÚNIOR, V.; DAINEIS, R.; PINTO, V. B.; ALVES, C. P. M.; GUIMARÃES, C. C.; SANTANA, G. de M. Production of corn and Soybean Cultivated in Succession and Rotation with Different Coverages in the cerrado. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, Miami, v.18, n. 2, e04458, p.1-15, 2024. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n2-015>. Disponível em: <https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/view/4458>. Acesso em: 10 out. 2024.

WIEDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, Washington, v. 63, p.1636-1642, Dec. 1982. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2307/1940104>. Acesso em: 05 jan. 2025.

WUTKE, E. B., MASCARENHAS, H. A. A., AMBROSANO, E. J. Adubação, nutrição e fatores climáticos limitantes ao desenvolvimento dos adubos verdes. *In*: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (ed.) **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**: fundamentos e prática. 2014. cap. 5, p 221-262.

ZHOU, T.; JIAO, K.; QIN, S.; LYU, D. The impact of cover crop shoot decomposition on soil microorganisms in Apple orchard in northeast China. **Saudi Journal of Biological Sciences**. Amsterdã, v. 26, n. 8, p.1936-1942, Dec. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.07.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X19301226>. Acesso em: 05 jan. 2025.

ZONTA, J. H.; SOFIATTI, V.; COSTA, A. G. F.; SILVA, O. R. R. F.; BEZERRA, J. R. C.; SILVA, C. A. D. da. **Práticas de conservação de solo e água**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2012. (Circular técnica 133). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/928493>. Acesso em: 05 jan. 2025.