

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E
TECNOLÓGICAS
CÂMPUS DE DRACENA**

Victória Delmori Novais Melo

**Cultivo do feijão-caupi em sucessão a sistemas de
consórcio e aplicação de nitrogênio em cobertura**

Dracena/SP

2024

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E
TECNOLÓGICAS
CÂMPUS DE DRACENA**

Victoria Delmori Novais Melo

**Cultivo do feijão-caupi em sucessão a sistemas de
consórcio e aplicação de nitrogênio em cobertura**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus
de Dracena como parte das exigências
para graduação em Engenharia
Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Vagner Nascimento

Dracena-SP

2024



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Dracena



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Cultivo do feijão-caupi em sucessão a sistemas de consórcio e aplicação de nitrogênio em cobertura

Modalidade: Trabalho de Atividades de pesquisa;

Autor: Victória Delmori Novais Melo

Orientador (a): Prof. Dr. Vagner Do Nascimento

Co-orientador(es):

Número de Créditos:

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 44/06/2024

Vagner do Nascimento

Prof. Dr. Vagner do Nascimento Prof. Dr. Evandro Pereira Prado Prof. Dr. Ronaldo Cintra

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Victória Delmori Novais Melo, nascida em 29 de junho de 1998 na cidade de Pacaembu/SP. Ingressou na faculdade em 2020, por meio de vestibular. Durante período acadêmico, fez parte do grupo de estudo GEPAC (Grupo de Estudo e Pesquisa de Agricultura e Cereais), desde o segundo ano de graduação. Sempre manteve contato direto com o campo em atuações extracurriculares, sendo por meio de estudo ou ajudando sua família em propriedades rurais.

DEDICATÓRIA

Primeiramente dedico este trabalho a Deus e Nossa Senhora, que nunca me abandonaram nesta caminhada.

A toda minha família, que foram meus maiores apoiadores, e inspirações pra chegar até aqui. E também ao meu orientador Prof. Dr. Vagner do Nascimento, por toda paciência e ensinamentos, que desde o início não mediu esforços.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus e Nossa Senhora, que nunca me desampararam durante esta longa caminhada.

Aos meus pais, Márcia e Airton, que nunca mediram esforços para que eu completasse minha graduação. Sendo sempre meu apoio em todos os momentos de dificuldade. Aos meus irmãos Ingrid, Jhoni, Hellen, Sabrina e Pedro, que estiveram comigo desde o início da graduação, fazendo com que esse período fosse mais leve em relação as dificuldades enfrentadas.

A todos os meus professores de curso, que foram fundamentais no meu processo de formação e aprendizagem, principalmente meu orientador Prof. Dr. Vagner Nascimento, por toda ajuda.

Meus agradecimentos aos meus companheiros e amigos Franco, João Vitor Bianque, João Vitor Cordeiro, Rodrigo, Gabriel, Vitória e Bárbara que estiveram presentes em todos os momentos e levarei para vida.

As minhas amigas Laís e Yasmin, que me auxiliaram ao longo desde trabalho, e as levarei para vida.

De maneira geral, todos que tiveram participação direta ou indireta ao longo de minha formação, e a FCAT, pelo período que vivi.

“Seja forte e corajoso, não se apavore e
desanime, pois o Senhor teu Deus estará com
você por onde andar.”

RESUMO

Os sistemas de consórcio de milho em primeira safra associado a doses de nitrogênio (N) em cobertura e sucessão de culturas são alternativas inovadoras, sustentáveis e de baixo custo que podem propiciar melhorias positivas nos atributos do solo e aporte de resíduos culturais na superfície do solo, bem como promover incrementos na produtividade de grãos. Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito residual de sistemas de consórcios de milho associado à adubação nitrogenada nos componentes produtivos e produtividade feijão-caupi em sucessão. A pesquisa foi desenvolvida de maio de 2023 a setembro de 2023, em um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico típico de textura arenosa. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 4x3, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelo cultivo de milho solteiro e consorciado com culturas de cobertura (*Crotalaria spectabilis*, *Urochloa ruziziensis* e *C. spectabilis* + *U. ruziziensis*) e aplicação de 0, 40 e 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura na cultura do milho, seguido de cultivo de feijão-caupi em sucessão. Foram avaliadas na cultura do feijão-caupi a população de plantas, massa de matéria seca da parte aérea, teor relativo de clorofila foliar (Índice SPDA), concentração foliar de nitrogênio, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número médio de grãos por vagem, massa de cem grãos, produtividade de grãos e ciclo. As avaliações das doses de nitrogênio não foram significativas para o número de grãos por vagem, porém, foram significantes para a produtividade de grãos, especialmente quando consideradas em conjunto com o consórcio de plantas de cobertura. Os sistemas compostos por M+C, M+U e M+C+U se destacaram na população final de plantas, enquanto os sistemas M, M+U e M+C+U apresentaram melhor desempenho na massa seca das plantas. O feijão caupi cultivado sobre palhada de milho teve maior massa seca de plantas com 80 kg/ha de adubação nitrogenada. Em relação ao teor relativo de clorofila foliar, as doses de nitrogênio e o consórcio de plantas de cobertura mostraram significância, sendo que os sistemas compostos por M, M+C e M+C+U apresentaram os melhores resultados.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* L., *Zea mays* L., *Crotalaria spectabilis*, *Urochloa ruziziensis*, Adubação Nitrogena.

ABSTRACT

Corn intercropping systems in the first harvest associated with doses of Nitrogen (N) in crop coverage and succession are innovative, sustainable and low-cost alternatives that can provide positive improvements in soil attributes and the contribution of crop residues to the soil surface, as well as promoting increases in grain productivity. Thus, the objective of this research was to evaluate the residual effect of corn intercropping systems associated with nitrogen fertilization on the productive components and cowpea productivity in succession. The research was carried out from May 2023 to September 2023, in a typical dystrophic Red Yellow Argisol with a sandy texture. The experimental design was randomized blocks in a 4x3 factorial scheme, with four replications. The treatments consisted of the cultivation of corn alone and intercropped with cover crops (*Crotalaria spectabilis*, *Urochloa ruziziensis* and *C. spectabilis* + *U. ruziziensis*) and application of 0, 40 and 80 kg ha⁻¹ of nitrogen in cover on the corn crop. , followed by cultivation of cowpea in succession. The plant population, dry matter mass of the aerial part, relative leaf chlorophyll content (SPDA Index), leaf nitrogen concentration, number of pods per plant, number of grains per plant, average number of grains per pod, mass of one hundred grains, grain productivity and cycle. The evaluations of nitrogen doses were not significant for the number of grains per pod, however, they were significant for grain productivity, especially when considered together with the cover crop consortium. The systems composed of M+C, M+U and M+C+U stood out in the final population of plants, while the systems M, M+U and M+C+U showed better performance in the dry mass of plants. Cowpea grown on corn straw had higher plant dry mass with 80 kg/ha of nitrogen fertilization. In relation to the relative content of leaf chlorophyll, the nitrogen doses and the intercropping of cover crops showed significance, with the systems composed of M, M+C and M+C+U showing the best results. The most relevant doses varied according to the system, with 0 kg/ha in some cases and 40 kg/ha in others.

Key words: *Vigna unguiculata* L., *Zea mays* L., *Crotalaria spectabilis*, *Urochloa ruziziensis*. Nitrogen Fertilization

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Comportamento da precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima (°C) do ar durante a condução do experimento do feijão-caupi em sucessão ao cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura associado ao fornecimento de nitrogênio em cobertura, em Dracena, SP, Brasil, safra 2023.

_____19

Figura 2 - Sementes de feijão já tratadas (A) com o produto de tratamento de sementes CropStar (B), Semeadura do feijão-caupi (C), Inoculante (D)_____ 22

Figura 3- Colheita para análise de massa seca (A), Moagem das folhas para diagnose foliar (B), Contagem dos grãos para massa de cem grãos (C), Colheita para análise de produtividade (D) _____ 24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados dos atributos químicos do solo da área experimental, antes da instalação do experimento, Dracena, SP, Brasil, safra 2023 _____ 20

Tabela 2 - Valores médios de população final (PF) de plantas, massa seca das plantas (MSP), teor relativo de clorofila foliar (ICF), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGP), massa de cem grãos (M100G) e produtividade de grãos (PG) do feijão-caupi em sucessão ao cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura associado ao fornecimento de nitrogênio em cobertura, Dracena, SP, Brasil, safra 2023 _____26

Tabela 3 - Desdobramento das interações significativas da análise de variância referente a população final de plantas, massa seca das plantas, teor relativo de clorofila foliar, número de vagens por planta e número de grãos por planta do feijão-caupi em sucessão ao cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura associado ao fornecimento de nitrogênio em cobertura, Dracena, SP, Brasil, safra 2023 _____28

Tabela 4 - Desdobramento das interações significativas da análise de variância referente a número de grãos por vagem e produtividade de grãos do feijão-caupi em sucessão ao cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura associado ao fornecimento de nitrogênio em cobertura, Dracena, SP, Brasil, safra 2023 _____29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVO.....	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1. Cultivo do Feijoeiro	13
3.2. Cultivo no Sistema de Consorcio	14
3.3. Adubação Nitrogenada em Cobertura.....	15
3.4. Sucessão de Culturas	17
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
6. CONCLUSÃO	30
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) também chamado de feijão macassar ou feijão-de-corda, é uma espécie de ciclo curto, com baixa necessidade hídrica e nutricional, comportando-se bem na fixação de nitrogênio por simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (OLIVEIRA et al., 2017). O cultivo de feijão no Brasil, de modo geral, pode ser realizado até três safras dentro do ano agrícola, possibilitando a sua utilização em sistemas rotacionais em diferentes momentos. Com a mesma tecnologia empregada no cultivo da soja, o feijão-caupi, tem se tornado uma boa opção na forma de safrinha, com isso, sua expansão para as áreas de Cerrado, como o Centro-Oeste e Sudeste (FREIRE FILHO et al., 2017).

Segundo dados da CONAB, a expectativa de cultivo para o feijão-caupi no território brasileiro, é maior que 387,4 mil ha (na 1ª safra), com estimativa de produção em 201,1 mil toneladas, sendo 86% das áreas cultivadas nos estados da Bahia e Piauí.

Em sistemas de consórcio são cultivadas plantas de cobertura e cultura comerciais de forma simultânea na mesma área, sendo uma ótima alternativa para maior acúmulo de fitomassa seca e cobertura do solo em quantidade, uniforme e permanente, para que ocorra a ciclagem dos nutrientes na relação solo-planta. No sistema de consórcio, quando cultivado milho, é uma prática comumente utilizada por pequenos agricultores, afim de aproveitar a área e a mão de obra.

Diversos manejos são adotados no caso dos consórcios de milho e plantas de cobertura, objetivando o aumento de biomassa, para que mantenha ou mesmo incremente a produtividade (MHLANGA et al., 2016). Com a necessidade de recuperação de solos degradados e para beneficiar cultivos seguintes, a integração das culturas anuais com pastagens é uma possibilidade. Em sistemas consorciados entre plantas produtoras de grãos como o milho (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum spp.*), milheto (*Pennisetum americanum* L.) e a soja (*Glycine max* L.), com as forrageiras, principalmente do gênero *Brachiaria*, resultam além da produção de forragem, a palhada, para o SPD e plantio convencional (KLUTHCOUSKI et al., 2000). O uso de leguminosas consorciadas, vem com o intuito de aumentar o aporte de nitrogênio no solo via fixação biológica do nitrogênio atmosférico (OLIVEIRA et al., 2010).

O nitrogênio (N) de forma equilibrada para as plantas desempenha um papel importante em questões de desenvolvimento e rendimentos da cultura como um todo, em sua qualidade e produtividade dos grãos (CRUSCIOL et al., 2021), em questões fisiológicas integra os aminoácidos que são componentes das proteínas essenciais na vida vegetal das plantas.

Diante deste contexto, estudos envolvendo o uso de sistemas de consórcio de milho associado a doses de N em cobertura e a sucessão de culturas adequada para região podem proporcionar melhorias positivas e/ou manutenção do sistema de produção e nos atributos químicos e físicos do solo, principalmente em uma região de clima quente e seco com baixa altitude e predominância de solo arenoso.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar e quantificar o efeito residual de sistemas de consórcios de milho mais plantas forrageiras associado à adubação nitrogenada nos componentes agronômicos, produtivos e produtividade de feijão-caupi em sucessão.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultivo do Feijoeiro

O feijão-caupi, de origem africana, foi trazido ao Brasil pelos colonizadores portugueses na segunda metade do século XVI, sendo cultivado inicialmente na Bahia. Gandavo (2001) menciona que já em 1568 havia registros da presença de diversas variedades de feijões no Brasil. Souza (1974) relata que em 1587 uma ampla gama de feijões e favas era cultivada na Bahia, embora os tipos específicos não sejam precisamente identificados, as evidências sugerem fortemente que o feijão-caupi estava entre eles.

Barracloug (1995) destaca que desde a fundação da Bahia como capital administrativa do Brasil em 1549, o comércio intenso com a África Ocidental, de Guiné a Angola, proporcionou a disseminação do feijão-caupi por todo o país a partir da Bahia. No Piauí, estado colonizado do sertão para o litoral, onde as comunicações e o comércio com o sertão eram mais desafiadores, registros do cultivo de feijão datam de 1697 (DIAS, 2008), indicando uma disseminação vigorosa da cultura, especialmente no Nordeste e posteriormente para o resto do país.

Nesse cenário, o Brasil possui três épocas distintas de plantio de feijão, favorecendo assim uma oferta constante do produto ao longo do ano. Dessa forma, tem-se o feijão de primeira safra, semeado entre agosto e dezembro, o de segunda safra, cultivado entre janeiro e abril, e o de terceira safra, semeado de maio a julho.

De maneira geral, a estimativa ainda é de incremento na área total, recebendo áreas que seriam destinadas à soja, mas que, com o atraso nas chuvas, migrou para o cultivo de feijão-caupi, que é mais tolerante ao estresse hídrico e possui um ciclo mais curto, e na produtividade média em comparação à temporada, perfazendo assim uma produção esperada superior àquela alcançada em 2022/23. A primeira safra de feijão-caupi é cultivada, principalmente, pela agricultura familiar, em sistemas que utilizam baixa tecnologia, em roça no toco, em consórcio com as culturas de arroz, milho e mandioca, o que resulta, frequentemente, em baixos rendimentos.

No ciclo agrícola 23/24, o Brasil registrou uma produção total de 3,2 milhões de toneladas, representando um aumento de 5,8% em relação à safra anterior. A produtividade média atingiu 1.124 kg ha^{-1} (CONAB, 2024). Esse aumento na produtividade reflete a adoção de práticas modernas e sustentáveis na agricultura, incluindo a utilização do feijoeiro como parte do sistema de rotação de culturas. Apesar desse avanço, a área cultivada teve uma redução de 5,9% em relação à safra anterior (CONAB, 2024).

3.2 Cultivo no Sistema de Consorcio

Em sistemas de monocultivo, onde apenas uma cultura é cultivada em uma determinada área, a prática não é considerada sustentável a longo prazo. Isso ocorre devido ao aumento da incidência de doenças, pragas, nematoides e

problemas como ferrugem nas plantações, resultando em perdas de produtividade e degradação do solo ao longo do tempo. Por outro lado, a rotação de culturas, que envolve alternar diferentes culturas ao longo das estações, tem sido reconhecida como uma prática mais sustentável. Essa abordagem proporciona ao solo resíduos vegetais após a colheita de cada safra, o que ajuda a melhorar a estrutura do solo e fornece nutrientes para as culturas subsequentes. Além disso, a rotação de culturas ajuda a mitigar os efeitos de estresses hídricos causados por padrões irregulares de chuva, mantendo a umidade no solo de forma mais consistente (Rocha, J. P. da, Nascimento, C. M. do, Silva, F. G. da, Santos, G. A. dos, Maciel, A. C. R., Costa, V. R. B. da, Assunção, M. A. V. de, & Pimentel, J. V. F. 2020).

No sistema de consórcio, a implantação ocorre simultaneamente, onde a cultura principal e a planta de cobertura são cultivadas na mesma área (BORGES et al., 2018). Consórcios de milho com plantas forrageiras são comuns, sem restrições quanto à colheita do milho, pois a altura de inserção das espigas favorece o cultivo conjunto (ALVARENGA et al., 2006).

Essa prática é uma excelente alternativa para aumentar o acúmulo de matéria seca no solo, promover a ciclagem de nutrientes e incrementar a matéria orgânica (MICHELON et al., 2019), criando condições favoráveis para a semeadura direta em sucessão. Contudo, RAMOS JUNIOR et al. (2019) demonstraram em seu estudo que não houve redução na produtividade do milho quando consorciado com *Crotalaria spectabilis* em diferentes densidades de semeadura.

A adoção do sistema de consórcio entre milho e forrageiras tropicais durante o outono-inverno tem demonstrado aumentar a produtividade na cultura da soja em comparação com o sistema convencional de cultivo de milho solteiro.

A presença da forrageira no consórcio não só proporciona benefícios imediatos, mas também contribui para melhorias residuais que beneficiam as safras subsequentes. Além disso, o consórcio oferece um controle mais eficaz de plantas invasoras devido ao maior acúmulo de biomassa seca sobre o solo. Em estudos recentes, onde foi adotado o manejo de milho consorciado com *Urochloa (brachiaria)* e *Crotalaria* e aplicado 180 kg por hectare de nitrogênio, observou-se uma média de produção significativamente superior em comparação com a soja cultivada em áreas manejadas de forma convencional.

3.3 Adubação Nitrogenada em cobertura

O nitrogênio é vital para o crescimento das plantas, e historicamente, tem sido fornecido de forma mineral, muitas vezes extraído por processos intensivos que contribuem para o efeito estufa através do uso de combustíveis fósseis. Em contrapartida, os inoculantes oferecem uma abordagem mais sustentável, associando-se às plantas para fornecer nitrogênio atmosférico de forma biológica e ambientalmente benigna (VAN DEYNZE et al., 2018), aproveitando sua abundância na atmosfera. Essa mudança não apenas reduz os custos de produção, mas também promove a sustentabilidade na agricultura.

O nitrogênio (N) desempenha um papel crucial na nutrição do milho e do feijão, exercendo uma influência significativa na produtividade dos grãos. Sua dinâmica no sistema solo-planta é fortemente influenciada pelo manejo agrícola. Pode ser disponibilizado através da mineralização da matéria orgânica do solo ou ser suplementado por meio de fertilizantes nitrogenados.

Em certos casos, o aumento na produtividade do feijão pode chegar a impressionantes 77% com a aplicação adequada de nitrogênio. Apesar de ser uma cultura leguminosa capaz de fixar nitrogênio atmosférico, a inoculação por si só não é suficiente para suprir 100% da demanda nitrogenada. Portanto, a adubação nitrogenada mineral é necessária para atender às necessidades nutricionais. As recomendações para a aplicação de nitrogênio na cultura geralmente giram em torno de 90 kg por hectare, mas doses maiores podem ser necessárias, especialmente no primeiro ano de semeadura direto, para maximizar a produtividade.

O feijoeiro, devido ao seu sistema radicular limitado, enfrenta dificuldades em lidar com estresses abióticos causados pela seca, resultando em perdas significativas na produção, que podem chegar a até 60% (CORIOLETTI et al., 2021). No entanto, a associação simbiótica entre *Rhizobium* e *Azospirillum* pode contribuir para melhorar o enraizamento das plantas e, consequentemente, aumentar a formação de nódulos radiculares, resultando em uma maior fixação de nitrogênio. Essa simbiose tem o potencial de elevar as produções, como observado em casos de cultivo de soja, onde as colheitas podem ultrapassar 60 sacas por hectare.

A coinoculação, que é a adição de ambos os microrganismos ao solo, serve como um complemento à inoculação tradicionalmente realizada. No entanto, é importante considerar que, em algumas circunstâncias, essa prática pode não resultar em aumentos significativos na produtividade. De acordo com BIZZARO (2008), isso pode ocorrer devido à presença de bactérias já presentes no solo, as quais podem estar em populações adequadas para o desenvolvimento das plantas.

3.4 Sucessão de culturas

Nos sistemas de monocultura, onde o agricultor se dedica exclusivamente a uma única cultura em sua propriedade, há uma preocupação crescente quanto à sustentabilidade a longo prazo. Isso se deve ao aumento da incidência de doenças, pragas, nematoides e ferrugem nas áreas de cultivo, resultando em perdas de produtividade e degradação do solo (MACEDO, 2009). A introdução de rotação de culturas permite que o solo se beneficie dos resíduos vegetais deixados após a colheita, o que ajuda a manter a umidade do solo e a mitigar os estresses hídricos causados por chuvas irregulares (MIGUEL et al., 2018).

A introdução de plantas de cobertura intercalares ao milho demonstrou ser uma prática benéfica para as propriedades relacionadas com a estrutura do solo. O aumento do teor de matéria orgânica no solo é evidente em estudos que empregam plantas de cobertura, o que contribui para a fertilidade do solo. É importante ressaltar a adoção de práticas de plantio direto e o não revolvimento do solo para otimizar esses sistemas de produção (RAPHAEL et al., 2016).

A utilização de diferentes espécies de forrageiras em consórcio com milho, em diferentes técnicas de semeadura, resulta em diferentes padrões de extração e liberação de nutrientes, influenciados pela produção de biomassa. Por exemplo, a liberação de nitrogênio ocorre de forma mais intensa nos primeiros 30 dias, estabilizando-se posteriormente (MENDONÇA et al., 2015). A ervilhaca, por fixar nitrogênio atmosférico durante seu crescimento e liberá-lo durante sua decomposição, também desempenha um papel importante nesse processo (SECRETI et al., 2017).

Em estudos com nabo forrageiro como planta de cobertura, observou-se que a dessecação precoce dessas forrageiras é fundamental para otimizar a incorporação da palhada no solo, melhorando a biomassa microbiana pela rápida decomposição. Isso evita a lixiviação de nutrientes, que são imobilizados pela microbiota do solo e posteriormente utilizados pelas plantas (BALOTA et al., 2014).

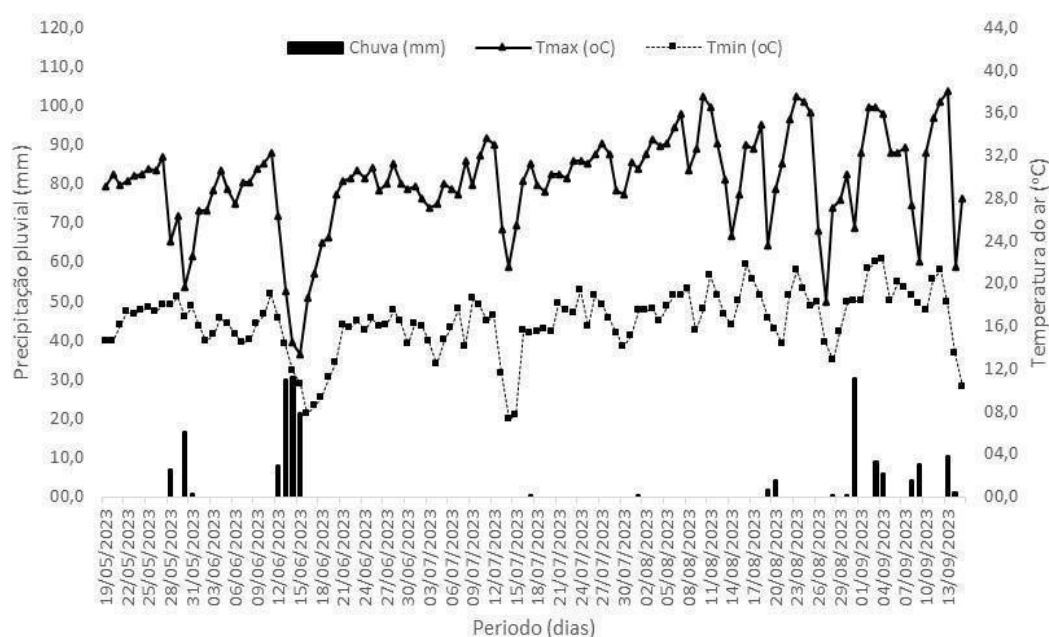
Diferentes forrageiras tropicais apresentam diferentes características de decomposição no solo. Por exemplo, a *Urochloa brizantha* cv. BRS paiguás possui uma relação C/N mais baixa e produz folhas que se decompõem rapidamente, enquanto algumas fabáceas, como a *Crotalaria spectabilis*, possuem decomposição mais lenta devido ao alto teor de lignina, o que dificulta a ação enzimática dos microrganismos (MIGUEL et al., 2018).

Diante dos custos elevados de insumos, a produção sustentável tem se mostrado uma estratégia eficaz para aumentar a produtividade agrícola. O uso de consórcios com plantas de cobertura não só conserva o solo, mas também promove ambientes propícios para o desenvolvimento de microrganismos benéficos para o sistema solo-planta. A inoculação e a co-inoculação têm se destacado como estratégias importantes para a aquisição de nitrogênio pelas plantas, demonstrando um enfoque cada vez mais holístico na gestão agrícola.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto de pesquisa foi desenvolvido em área experimental, localizada na Unesp de Dracena-SP. O solo do local da pesquisa é um Argissolo Vermelho distrófico típico de textura arenosa (EMBRAPA, 2013). As condições climáticas do local são temperatura média anual é de 24° C, a precipitação pluvial média anual é de 1.261 mm e a umidade relativa do ar média anual de 64,0%. De acordo com Koppen, o tipo climático da região é o tropical úmido (Aw), caracterizado com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso. Os dados climáticos de precipitação pluvial e temperatura e durante a pesquisa foram obtidos na estação Meteorológica Campbell Scientific CR10X, instalada na instituição de ensino superior.

Figura 1 Comportamento da precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima do ar durante a condução do experimento do feijão-caupi em sucessão ao cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura associado ao fornecimento de nitrogênio em cobertura, em Dracena, SP, Brasil, safra 2023.



O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 4x3, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelo cultivo de milho solteiro e consorciado com culturas de cobertura (*C. spectabilis*, *U. ruziziensis* e *C. spectabilis* + *U. ruziziensis*) e aplicação de 0, 40 e 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura na cultura do milho, seguido de cultivo de feijão-caupi em sucessão.

Após a colheita do milho, a área experimental permaneceu em pousio e na sequência foi realizada uma dessecação química. O cultivo do feijão-caupi foi conduzido de maio de 2023 a setembro de 2023, sob irrigação por aspersão, seguindo o mesmo delineamento experimental de 4x3 e aplicação de 0, 40 e 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Antes da instalação dos experimentos foi realizada uma caracterização química do solo em toda área de pesquisa, sendo realizada a coleta de uma amostra composta, originada de 20 amostras simples deformadas do solo, com auxílio de um trado de rosca, nas camadas estratificadas de 0,0-0,20 e 0,20-0,40 m. Os resultados foram apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados dos atributos químicos do solo da área experimental, antes da instalação do experimento, Dracena, SP, Brasil, safra 2023.

Atributo	Unidade	Profundidade (cm)	
		0-20	20-40
P - resina	mg dm ⁻³	18,46	8,33
Matéria orgânica	g dm ⁻³	4,46	7,42
pH (CaCl ₂)		5,60	5,45
Potássio (K ⁺)	mmolc dm ⁻³	2,42	1,36
Cálcio (Ca ²⁺)	mmolc dm ⁻³	29,24	24,20
Magnésio (Mg ²⁺)	mmolc dm ⁻³	10,85	8,31
Acidez Potencial (H+Al)	mmolc dm ⁻³	19,32	21,47
Alumínio (Al ³⁺)	mmolc dm ⁻³	0,0	0,0
Soma de Bases (SB)	mmolc dm ⁻³	43,0	34,0
Enxofre (S-SO ₄)	mg dm ⁻³	4,51	7,67
Cap. Troca Catiônica (CTC)	mmolc dm ⁻³	62	55
Saturação de bases (V)	%	69	61
Saturação por alumínio (m)	%	0	0
Boro (B)	mg dm ⁻³	0,15	0,07
Cobre (Cu)	mg dm ⁻³	1,60	1,74
Ferro (Fe)	mg dm ⁻³	14,15	16,67
Manganês (Mn)	mg dm ⁻³	39,03	42,66
Zinco (Zn)	mg dm ⁻³	0,70	0,66

Fonte: elaborado pelo autor.

As parcelas foram constituídas por sete (7) linhas de 5 metros de comprimento, sendo consideradas como área útil as duas linhas centrais, desprezando-se 0,5 metros, em ambas as extremidades de cada linha. O espaçamento entrelinhas foi de 0,45 metros com distribuição de sementes que permita a obtenção de 14 plantas por metro.

Foi utilizado um cultivar BRS Novaera com habito de crescimento indeterminado, sendo recomendado e adaptado para a região. A variedade BRS Novaera exibe um crescimento semi-ereto, caracterizado por ramos laterais compactos e vagens posicionadas ligeiramente acima da folhagem. Seu folíolo central possui uma forma semi lanceolada. Quando alcançam a maturidade fisiológica e estão prontas para a colheita, as vagens adquirem uma tonalidade amarelo-claro, podendo apresentar tonalidades roxas nas bordas. Os grãos são grandes, de cor branca, com uma forma reniforme e uma casca levemente rugosa, além de um anel marrom ao redor do hilo

A semeadura mecânica foi realizada em 19 de maio de 2023. As sementes foram tratadas previamente com inseticida e fungicida específico (FIGURA 2), seguindo as recomendações do fabricante para a cultura. Na sequência após secagem do tratamento de sementes com inseticida e fungicida foi realizada a inoculação das sementes de feijão com *Bradyrhizobium sp.* estirpe SEMIA 6462. O inoculante foi líquido na dose de 300 ml ha⁻¹ de semente com garantia de 2×10⁹ UFC g⁻¹. A inoculação das sementes foi realizada horas antes da semeadura do feijão- caupi.



Figura 2. Sementes de feijão já tratadas (A) com o produto de tratamento de sementes CropStar (B), Semeadura do feijão-caupi (C), Inoculante (D)

A adubação mineral nos sulcos (N-P₂O₅-K₂O) de semeadura do feijão-caupi foi de 312 kg ha⁻¹ da formulação 04-80-10, calculada de acordo com os atributos químicos da análise do solo e produtividade esperada de grãos para a região. Não foi realizada adubação mineral para as plantas de cobertura do solo no momento da semeadura.

A aplicação das quatro doses de nitrogênio (zero, 40 e 80 kg ha⁻¹) foi realizada de forma parcelada, sendo metade da dose (50%) aos 27 DAE (21/06/2023) quando as plantas de feijão-caupi apresentaram os estádios fenológicos de estágio V3 e a outra metade da dose (50%) em 07/07/2023 quando as plantas de feijão-caupi apresentaram os estádios fenológicos de estágio V9, usando como fonte de nitrogênio a ureia (46% de N). Após cada aplicação do nitrogênio em cobertura foi aplicado uma lâmina de irrigação de 10 mm para incorporação do nitrogênio no solo.

O manejo de plantas daninhas foi realizado com a utilização de herbicidas aplicados por pulverizador tratorizado regulado para 275 L ha⁻¹. Os demais tratamentos culturais e fitossanitários foram os normalmente recomendados à cultura do feijão-caupi para a região. As colheitas das parcelas de milho foram realizadas em 16/09/2023.



Figura 3. Colheita para análise de massa seca (A), Moagem das folhas para diagnose foliar (B), Contagem dos grãos para massa de cem grãos (C), Colheita para análise de produtividade (D).

Foram realizadas as seguintes avaliações na cultura do feijão-caupi: População de plantas: aproximadamente 8 dias após a emergência das plantas e no momento da colheita foi avaliado, em duas linhas, na área útil das parcelas, o número de plantas com o objetivo de se calcular a população inicial e a final de plantas ha^{-1} .

Massa de matéria seca (MS) da planta toda: por ocasião do estágio R2 (florescimento pleno) das plantas, foram coletadas dez plantas em local pré-determinado na área útil, que serão acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas e levadas ao laboratório e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 65°C , por 72 horas. Posteriormente as amostras foram pesadas e os valores convertidos em g planta^{-1} . (FIGURA 3)

Componentes da produção: foram coletadas, por ocasião da colheita, 10 plantas na área útil das parcelas para a avaliação de: 1) número de vagens por planta: foi determinado por meio da relação do número total de vagens/número de plantas; 2) número de grãos por planta: foi obtido da relação do número total de grãos/número de plantas; 3) número médio de grãos por vagem: foi calculado através da relação do número total de grãos/número total de vagens; 4) massa de cem grãos: foi obtido por meio da coleta ao acaso e pesagem de duas amostras de cem grãos por parcela. (FIGURA 3)

Produtividade de grãos: as plantas da área útil de cada parcela foram arrancadas e deixadas para secagem a pleno sol. Após a secagem, as plantas foram submetidas a trilha mecânica, os grãos foram pesados e os dados transformados em kg ha^{-1} (13 % base úmida). (FIGURA 3)

Ciclo: foi avaliado o número de dias transcorridos entre a emergência e a colheita.

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância e constatada a interação significativa entre as fontes de variação, procedeu-se o desdobramento, comparando as médias dos sistemas de consórcios e adubação nitrogenada no feijão pelo teste Tukey, adotando-se o nível de 5% de significância.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A emergência das plantas de feijão-caupi ocorreu uniformemente no sexto dia após a semeadura (DAS). O florescimento pleno (estádio R2) e colheita das parcelas do feijão-caupi ocorreram aos 55 e 110 dias após a emergência (DAE) das plantas, respectivamente.

Houve interações significativas para população final de plantas, massa seca das plantas, teor relativo de clorofila foliar, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem e produtividade de grãos, apresentados na Tabela 2. Os desdobramentos serão apresentados nas tabelas 3 e 4.

Tabela 2. Valores médios de população final (PF) de plantas, massa seca das plantas (MSP), teor relativo de clorofila foliar (ICF), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (M100G) e produtividade de grãos (PG) do feijão-caupi em sucessão ao cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura associado ao fornecimento de nitrogênio em cobertura, Dracena, SP, Brasil, safra 2023.

	PF Plantas ha ⁻¹ x 1000	MSP g planta ⁻¹	ICF	NVP	NGP	NGV	M100G g	PG kg ha ⁻¹
Sistemas de Consórcio (SC)								
M	227	12,98	67,1	8,4	53,3	6,3	26,2	1.856
M + C	237	13,14	64,5	10,6	62,7	5,9	25,8	2.262
M + U	223	12,78	59,8	11,1	69,1	6,2	25,5	2.512
M+C+U	233	13,40	67,8	10,4	61,0	5,9	25,9	2.198
Adubação nitrogenada (N) - kg ha⁻¹ N								
0	241	14,48	67,1	10,8	68,4	6,4	26,1	2.559
40	227	11,78	65,3	10,1	60,4	6,1	25,9	2.114
80	223	12,96	62,0	9,5	55,7	5,9	25,7	1.948
Valores de F								
SC	8,266*	1,321 ^{ns}	93,745*	26,477*	69,433*	2,031 ^{ns}	1,989 ^{ns}	28,698*
N	25,819*	47,274*	63,720*	10,068*	92,188*	3,633*	0,902 ^{ns}	52,121*
SC x N	6,822*	31,552*	23,622*	5,588*	11,425*	2,711*	1,648 ^{ns}	14,439*
Diferença Mínima Significativa (5%)								
SC	--	--	--	--	--	--	--	--
I	--	--	--	--	--	--	--	--
CV (%)	3,23	6,02	4,46	7,83	4,38	8,38	2,77	7,92

M: milho solteiro; C: *Crotalaria spcetabilis*; U: *Urochloa ruziziensis*; * significativo a 5% de significância; ^{ns} – não significativo pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra, dentro de inoculação, coinoculação e sistemas de consórcio não diferem estatisticamente a 5 % de significância.

No desdobramento da tabela 3, os sistemas de consórcio que eram compostos por milho+ *C. Spcetabilis* e milho+*C. spcetabilis*+*U. ruziziensis* foram os que sobressaíram em relação a população final de plantas, massa de matéria

seca. O milho solteiro, teve maior resultados quando foi avaliado, número de grãos por planta e número de grãos por vagem. E o sistema milho+*U. ruziziensis*, se sobressaiu quando avaliado o número de vagens por plantas.

Com relação as doses estabelecidas (Tabela 3) o sistema que era composto por palhada de milho e milho+*C. spcetabilis*+*U. ruziziensis*, quando não fornecido nitrogênio, a população final de plantas foi maior.

Os sistemas de consorcio milho+*U. ruziziensis*, e milho+*C. spcetabilis*+*U. ruziziensis* obtiveram maior desenvolvimento em relação a adubação nitrogenada de dose 0. Já no milho+ *C. Spcetabilis* o nitrogênio obteve maior desempenho quando oferecido a dose de 40 kg ha⁻¹ (Tabela 3).

Tabela 3. Desdobramento das interações significativas da análise de variância referente a população final de plantas, massa seca das plantas, teor relativo de clorofila foliar, número de vagens por planta e número de grãos por planta do feijão-caupi em sucessão ao cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura associado ao fornecimento de nitrogênio em cobertura, Dracena, SP, Brasil, safra 2023.

População final de plantas (Plantas ha ⁻¹ x 1000)				
Sistemas de Consórcio (SC)				
Nitrogênio (N)	M	M + C	M + U	M + C + U
0 kg ha ⁻¹	235 a B	260 a A	221 C	247 a AB
40 kg ha ⁻¹	221 b	232 b	227	228 b
80 kg ha ⁻¹	224 ab	220 b	223	224 b
DMS (5%)	SC dentro de N (12910,09) e N dentro de SC (14231,86)			
Massa seca das plantas (g planta ⁻¹)				
Sistemas de Consórcio (SC)				
Nitrogênio (N)	M	M + C	M + U	M + C + U
0 kg ha ⁻¹	12,06 b C	13,23 a BC	14,69 a B	17,94 a A
40 kg ha ⁻¹	12,37 b	11,68 b	11,82 b	11,25 b
80 kg ha ⁻¹	14,51 a A	14,51 a A	11,82 b B	11,01 b B
DMS (5%)	SC dentro de N (1,3669 g planta ⁻¹) e N dentro de SC (1,5069 g planta ⁻¹)			
Teor relativo de clorofila foliar				
Sistemas de Consórcio (SC)				
Nitrogênio (N)	M	M + C	M + U	M + C + U
0 kg ha ⁻¹	73,3 a A	63,4 b C	62,3 a C	69,2 B
40 kg ha ⁻¹	66,1 b B	68,9 a A	59,1 b C	67,0 AB
80 kg ha ⁻¹	62,0 c B	60,9 c B	58,1 b C	67,1 A
DMS (5%)	SC dentro de N (2,1561) e N dentro de SC (2,3654)			
Número de vagens por planta				
Sistemas de Consórcio (SC)				
Nitrogênio (N)	M	M + C	M + U	M + C + U
0 kg ha ⁻¹	9,0 B	10,6 ab A	11,4 A	12,1 a A
40 kg ha ⁻¹	8,4 B	11,6 a A	11,5 A	8,9 b B
80 kg ha ⁻¹	7,9 B	9,6 b A	10,5 A	10,1 b A
DMS (5%)	SC dentro de N (1,3751) e N dentro de SC (1,5158)			
Número de grãos por planta				
Sistemas de Consórcio (SC)				

Nitrogênio (N)	M	M + C	M + U	M + C + U
0 kg ha ⁻¹	59,5 a B	63,2 ab B	77,3 a A	73,8 a A
40 kg ha ⁻¹	53,5 b B	65,9 a A	66,0 b A	56,3 b B
80 kg ha ⁻¹	46,9 c C	58,9 b A	63,8 b A	53,0 b B
DMS (5%)	SC dentro de N (4,6749) e N dentro de SC (5,1535)			

M: milho solteiro; C: *Crotalaria spcetabilis*; U: *Urochloa ruziziensis*; Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente a 5 % de significância. DMS: Diferença Mínima Significativa (5%)

Observando os resultados da tabela 4, verifica-se que o número de grãos por vagem em relação as doses de nitrogênio não obtiveram valores significativo. Contudo, análises feitas para a produtividade de grãos, levando em conta as doses de nitrogênio e o consórcio de plantas de cobertura, revelaram – se significativas, Volsi et al. (2021) e Fialho (2020) relatam que quando utilizada *Urochloa ruziziensis* solteira e consórcio de *Urochloa ruziziensis*, *Pennisetum glaucum* e *C. spectabilis*, foram obtido uma melhor produtividade da cultura instalada sobre palhada dessas plantas de cobertura.

Tabela 4. Desdobramento das interações significativas da análise de variância referente a número de grãos por vagem e produtividade de grãos do feijão-caupi em sucessão ao cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura associado ao fornecimento de nitrogênio em cobertura, Dracena, SP, Brasil, safra 2023.

Número de grãos por vagem				
Sistemas de Consórcio (SC)				
Nitrogênio (N)	M	M + C	M + U	M + C + U
0 kg ha ⁻¹	6,6	6,0	6,8 a	6,1 ab
40 kg ha ⁻¹	6,4	5,7	5,7 b	6,4 a
80 kg ha ⁻¹	6,0	6,2	6,2 ab	5,3 b
DMS (5%)	SC dentro de N (0,8881) e N dentro de SC (0,9791)			
Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)				
Sistemas de Consórcio (SC)				
Nitrogênio (N)	M	M + C	M + U	M + C + U
0 kg ha ⁻¹	2.142 a B	2.218 b B	2.861 a A	3.013 a A
40 kg ha ⁻¹	1.770 b B	2.551 a A	2.370 b A	1.765 b B
80 kg ha ⁻¹	1.657 b C	2.017 b AB	2.305 b A	1.814 b BC
DMS (5%)	SC dentro de N (303,46 kg ha ⁻¹) e N dentro de SC (334,52 kg ha ⁻¹)			

M: milho solteiro; C: *Crotalaria spcetabilis*; U: *Urochloa ruziziensis*; Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente a 5 % de significância.

6.CONCLUSÕES

Os consórcios entre milho + *C. spcetabilis* e milho+*C. spcetabilis*+ *U. ruziziensis*, se destacaram em termos de massa de matéria seca e população final de plantas. Já o sistema milho+*U. ruziziensis* foi superior em número de vagens por planta. No entanto, para o sistema milho+*C. spcetabilis*, o nitrogênio proporcionou melhor desempenho quando aplicado na dose de 40 kg ha⁻¹.

O número de grãos por vagem não foi significativamente afetado pelas diferentes doses de nitrogênio. No entanto, quando se analisou a produtividade de grãos, levando em consideração tanto as doses de nitrogênio quanto os diferentes consórcios de plantas de cobertura, observaram-se melhor produtividade da cultura.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adubação nitrogenada sobre a qualidade da silagem de milho. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 4, n. 3, 2011.

BALOTA,E.L.;CALEGARI,A.;NAKATANI,A.S.;COYNE,M.S.benefitsofwintercovercropsandnotillageformicrobialparametersinabrazilianoxisol:alongtermstudy.agriculture,ecosystems&environment,v. 197, p.31-40, 2014.

BORGES, W. L., SOUZA, D. D. J., RODRIGUES, D. D. S.; RIOS, R. D. M.

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

CAMPOS, F.L.; FREIRE FILHO, F.R.; LOPES, A.C.; RIBEIRO, V.Q.; SILVA, R.Q.B.;

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira:** grãos Safra 2019/20, v.8, n.4 – quarto levantamento. Brasília, p.1-85. 2021.

CRUSCIOL, C. A. C., MOMESSO, L., CAMPOS, M., BOSSOLANI, J. W., PORTUGAL, J.R., MORETTI, L. G., ROSOLEM, C. A. Liming Optimizes

Nitrogen Fertilization in a Maize- Upland Rice Rotation under No-Till Conditions.

Agronomy, v. 11, n. 10, p. 2005, 2021.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA.

Centro Nacional de pesquisa de solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013..

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs.

FIALHO, A.R., 2020. Sistemas de produção de soja em sucessão a culturas anuais de cobertura. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, Rio Verde.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, J. E. L. F.; VIEIRA, P. F. de M. J. A cultura: Aspectos Socioeconômicos. **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Ed. UFV. Viçosa, MG, cap.1, p. 09-34. 2017.

H., PEREIRA, F. C. B. L. Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 183-193, 2015.

IAMASHITA, Gustavo Yukiwo Sato. Diagnose foliar do feijoeiro coinoculado em sucessão a sistemas de consórcio e aplicação de nitrogênio. 2023.

KLUTHCOUSKI, J. et al. Integração lavoura - pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas plantio direto e convencional. **Circular Técnica**, 38. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás-GO, 2000.

MACEDO, M.C.M. integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. revista brasileira de zootecnia, v. 38, n. 1, p. 133-146, 2009.

MENDONÇA, V. Z. D., MELLO, L. M. M. D., ANDREOTTI, M., PARIZ, C. M., YANO, É.

MHLANGA, B.; CHEESMAN, S.; MAASDORP, B.; MUPANGWA, W.; MUNYORO, C.;

MIGUEL, A.S.D.C.S., PACHECO, L.P., CARVALHO, Í.C.D., SOUZA, E.D.D., FEITOSA, P.B., PETTER, F.A. phytomass and nutrient release in soybean cultivation systems under no-tillage. pesquisa agropecuária brasileira, v.53, p. 1119-1131, 2018.

NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, Amsterdam, v. 78, p. 93-101, 2016.

OLIVEIRA, A. B. de; MESQUITA, R.O.; GUIMARÃES, M. de A.; LEMOS NETO, H. de S.; SILVA, T. M. da. Exigências Edafoclimáticas e ecofisiologia. **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Ed. UFV. Viçosa, MG, cap.3, p. 52-69. 2017.

OLIVEIRA, I. J. de; FONTES, J. R. A.; DIAS, M. C.; BARRETO, J. F. Recomendações técnicas para o cultivo de feijão-caupi no estado do Amazonas. **Circular técnica 71**, 1ªed.; Manaus, AM, 2019.

OLIVEIRA, P. Consórcio de milho com adubos verdes e manejo da adubação nitrogenada no cultivo de feijão em sucessão no sistema Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado. 125 p. **Tese (Doutorado em Fitotecnia)** – ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010. PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.

RAPHAEL, J.P., CALONEGO, J.C., MILORI, D.M.B., ROSOLEM, C.A. soil organic matter in crop rotations under no till. *soil and tillage research*, v.155, p.45-53, 2016. **Revista Brasileira de Biometria**. 37(4), 529-535, 2019.

ROCHA, M.M. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.5, n.2, p. 110-116, 2000.

SECRETTI, M. L. Aporte de carbono ao solo por sistemas de monocultura, sucessão e rotação de culturas. 74f. Tese (doutorado em agronomia) – faculdade de ciências agrárias, universidade federal da grande dourados. 2017.

SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHISTOFFOLETI, P. J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. II - Implicações sobre as espécies forrageiras. **Planta Daninha**. Campinas, v. 24, n. 1, p. 45-52, 2006.

SITHOLE, C.; THIERFELDEER, C. Effects of relay cover crop planting date on their biomass and maize productivity in a sub-humid region of Zimbabwe under conservation agriculture.

TAGLIAFERRE, C., SANTOS, T.J., SANTOS, L.C., SANTOS NETO, I.J., ROCHA, F.A., PAULA, A. Características agronômicas do feijão-caupi inoculado em função de lâminas de irrigação e de níveis de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v.60, n.2, p. 242-248, 2013. VIEIRA, C.; RAMALHO, M. A. P.; CHAGAS, J. M. Milho e feijão em cultivo consorciado. **Inf. Agropec.** Belo Horizonte, 8 (90), p.13-15, junho, 1982.

VOLSI, B., EIJI HIGASHI, G., BORDIN I., TELLES, T.S., 2021. Production and profitability of diversified agricultural systems. *An Acad Bras Cienc.* 93 (2).
Doi: 10.1590/0001- 3765202120191330