

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Lidiane dos Santos Alexandre

**CULTIVO DE FEIJÃO EM SUCESSÃO A CULTURAS DE
COBERTURA E MILHO SAFRA EM SOLO ARENOSO**

Dracena

2024

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Lidiane dos Santos Alexandre

**CULTIVO DE FEIJÃO EM SUCESSÃO A CULTURAS DE
COBERTURA E MILHO SAFRA EM SOLO ARENOSO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas do Campus de Dracena – UNESP, como parte das exigências para graduação em Engenharia Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Vagner do Nascimento

Dracena

2024

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: "Cultivo de feijão em sucessão a culturas de cobertura e milho safra em solo arenoso"

Modalidade: Trabalho de atividades de pesquisa

Autor: Lidiane dos Santos Alexandre

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

Co-orientador(es):

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 07/11/2024

Vagner do Nascimento Pâmela G. Nakada Freitas Samuel Ferrari
Vagner do Nascimento Pamela Nakada Freitas Samuel Ferrari

DEDICATÓRIA

A minha mãe Mirian dos Santos Alexandre e ao meu pai Antonio Agostinho Alexandre, que me educaram e me possibilitaram mais essa conquista, exemplos para a minha vida pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, expresso minha profunda gratidão, por me abençoar com dom de sabedoria e de vida, por iluminar os meus caminhos ao longo dessa caminhada e por me conceder saúde. Agradeço a sua presença constante para superar os desafios dessa jornada, que foi fundamental.

Desejo estender meus agradecimentos aos meus pais, a minha mãe, Mirian dos Santos Alexandre por todo apoio a esse sonho desde o começo, através de sua educação que foi me dada me tornei essa pessoa que sou hoje, uma mulher esforçada e determinada, obrigada por acreditar em meus sonhos e no meu potencial. Também quero agradecer meu pai Antonio Agostinho Alexandre por todo apoio financeiramente, para concretizar esse sonho.

Agradeço também ao meu namorado João Matheus Sartorato e às minhas amigas Thyciane Marjory e Luana Moreira, por todo apoio fora da faculdade e nos momentos difíceis, também agradeço a Rafaela Yumi, Larissa Moraes Rodrigues, Jaqueline Brassica, Vitória Gobbi, Bianca Cazzeta, entre outras colegas de classe, por toda essa caminhada juntas, me ajudando e compartilhando comigo as experiências da vida universitária.

Quero agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Vagner do Nascimento, pelos seus ensinamentos, por me desafiar constantemente, pelas oportunidades e por todos esses anos de pesquisas junto ao grupo GEPAC. Desde o início, sua orientação durante os experimentos e sua contribuição nas bolsas de iniciação científica foi fundamental para todo reconhecimento.

E por fim quero agradecer a todos que de alguma forma contribuíram para que essa jornada fosse mais leve, agradeço aos membros do grupo GEPAC, a instituição Unesp Dracena, por todo apoio e contribuição para a minha formação, agradeço a todos os professores que me passaram conhecimento durante esses anos, vocês foram essenciais para minha formação.

Agradeço ao programa de Iniciação Científica Sem Bolsa (ICSB) e a COPE CONECTA, que financiou a minha iniciação científica e presente trabalho. Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) 2023/10408 pelo amparo e financiamento em outros trabalhos feitos na instituição, agradeço pela concessão das bolsas PIBIC CNPQ – 2023/24, PIBIC RT - 2024, PIBIC RT AF – 2024/25, que incentivam a pesquisa dentro do campus.

“Bem sei eu que tudo pode, e que nenhum dos teus propósitos pode ser impedido”- Jó 42.2.

RESUMO

O feijoeiro é uma planta da família Fabaceae considerada uma das leguminosas de grande importância socioeconômica no mundo, por ser uma ótima fonte acessível de proteínas, minerais e possuir baixo teor de gordura. O cultivo de diferentes espécies de cobertura do solo pode favorecer a ciclagem de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio, incremento na produção de fitomassa e matéria orgânica do solo, quando se utilizam fabaceae e uso de outras famílias de plantas de cobertura. O objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito residual do cultivo antecessor de diferentes espécies de culturas de cobertura do solo, seguido do cultivo do milho safra nos componentes agrônômicos, produtivos e produtividade de grãos de inverno. O experimento foi realizado em um Argissolo Vermelho Amarelo de textura arenosa. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso contendo nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de um pousio com vegetação espontânea (*Commelina benghalensis* L., *Portulaca oleracea*, *Digitaria insularis*, *Cenchrus echinatus*), um pousio capinado e sete espécies de culturas de cobertura do solo: *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, *Pennisetum glaucum*, *Crotalaria ochroleuca*, *Urochloa ruziziensis* e mucuna-cinza (*Mucuna cinerea*). Após o cultivo e manejo químico das culturas de cobertura do solo e os pousios foi semeada a cultura do milho safra e em seguida a cultura do feijão terceira safra. Foi mantido o mesmo delineamento experimental contendo os nove tratamentos adotados para os cultivos de milho e feijão. Foram avaliados na cultura do feijão-carioca: população de plantas, acúmulo de matéria seca (MS) na planta toda, teor relativo de clorofila foliar, concentração foliar de N, P e K, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número médio de grãos por vagem, massa de cem grãos e produtividade de grãos. Os resultados indicam que a *crotalaria spectabilis* e o milheto tiveram um desejável desempenho para a cultura.

Palavras-chave: Plantas de cobertura; Sucessão de culturas; Feijão carioca.

ABSTRACT

Common Beans are a plant from the Fabaceae family considered one of the legumes of great socio economic importance in the world, as they are a great, accessible source of proteins, minerals and have a low fat content. The cultivation of different species of soil cover can favor nutrient cycling, biological nitrogen fixation, increased production of phytomass and soil organic matter, when using fabaceae and the use of other families of cover plants. The objective of the research was to evaluate the residual effect of the predecessor cultivation of different species of soil cover crops, followed by the cultivation of corn on the agronomic, productive components and grain productivity of third-crop beans. The experiment was carried out in a Red Yellow Argisol with a sandy texture. The experimental design was randomized blocks containing nine treatments and four replications. The treatments consisted of a fallow with native vegetation (*Commelina benghalensis* L., *Portulaca oleracea*, *Digitaria insularis*, *Cenchrus echinatus*), a weeded fallow and seven species of soil cover crops. The soil cover crop species used were: *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, *Pennisetum glaucum*, *Crotalaria ochroleuca*, *Urochloa ruziziensis* and *mucuna-cinza* (*Mucuna cinerea*). After the cultivation and chemical management of the ground cover crops and the fallow land, the corn crop was sown, followed by the third crop of beans. The same experimental design was maintained containing the nine treatments adopted for corn and bean crops. The following were evaluated in the carioca bean crop: plant population, dry matter (DM) accumulation in the entire plant, relative leaf chlorophyll content, leaf concentration of N, P and K, number of pods per plant, number of grains per plant, average number of grains per pod, mass of one hundred grains and grain productivity. The results indicate that *crotalaria spectabilis* and millet had a desirable performance for the crop.

Keywords: Cover crops; Crop succession; beans.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área experimental	24
Figura 2 - Precipitação pluvial, temperaturas máximas e mínimas.....	24
Figura 3 - Tratamento de sementes com o produto CropStar	43
Figura 4 - Semeadura do feijão com a semeadora adubadora.....	43
Figura 5 - População inicial de plantas	43
Figura 6 - Adubação de cobertura 24 dias apos o plantio	43
Figura 7 e 8 –Colheita	43
Figura 9 - Avaliação de população final e trilha	43
Figura 10 – Massa seca da planta inteira	43
Figura 11 – Teor de clorofila e coleta dos trifólios para secagem na estufa	43
Figura 12 - Contagem de vagens	44
Figura 13 - Contagem dos cem grãos e pesagem.....	44
Figura 14 - Umidade de grãos	44
Figura 15 - Moagem dos trifólios.....	44
Figura 16 - Plantas de feijão durante o experimento	44

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Valores médios da população inicial (PI) e final (PF) de plantas acúmulo de massa seca na planta toda (AMSP) e teor relativo de clorofila foliar (TCF) da cultura do feijão terceira safra em sucessão a culturas de cobertura e milho primeira safra28
- Tabela 2** – Valores médios do numero de vagens por planta (NVP), numero de grãos por planta (NGP), numero médio de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (M100G) e produtividade de grãos (PG) da cultura do feijão terceira safra em sucessão a culturas de cobertura e milho primeira safra32
- Tabela 3** – Valores médios da concentração foliar de N,P,K das folhas diagnosticas do feijão terceira safra em sucessão a culturas de cobertura e milho primeira safra34

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PI	População Inicial
PF	População Final
AMSP	Acúmulo de Massa Seca na Planta toda
TCF	Teor relativo de Clorofila Foliar
NVP	Número de Vagens por Planta
NGP	Número de Grãos por Planta
M100G	Massa de 100 Grãos
PG	Produtividade de Grãos
CV (%)	Coefficiente de Variação
DAS	Dia Após a Semeadura
DAE	Dia Após a Emergência

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.1 Objetivos Específicos.....	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 Aspectos gerais e IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DO FEIJÃO.....	17
3.1.1 Sistema Plantio Direto.....	18
3.1.2 Adubação verde de verão - outono	19
3.1.3 Plantas de cobertura	20
3.1.4 Sucessão de culturas	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
REFERÊNCIAS.....	36
APÊNDICES.....	43

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro carioca (*Phaseolus vulgaris*) e o milho (*Zea mays*) são culturas de grande importância econômica e social, tanto em termos de produção quanto de consumo. O feijão faz parte da dieta básica da população no brasileira e mundialmente, estando entre as leguminosas de maior importância socioeconômica, por ser uma fonte acessível de proteínas, minerais e possuir baixo teor de gordura, além disto os processos envolvidos em seu cultivo, é responsável por gerar muito emprego e renda á população. Essas culturas, além de serem amplamente utilizadas na alimentação humana, também possui importância na alimentação animal e no setor industrial. Os derivados do cultivo do milho são comercializados como farelos, rações, óleos, envases, doces e bolos (SANTOS; LIMA, 2019; OLIVEIRA; PEREIRA, 2021).

O mercado de feijão no Brasil enfrentam desafios como a variação de preços, sazonalidade da produção e problemas fitossanitários. No entanto, a adoção de tecnologias agrícolas avançadas, como o Sistema Plantio Direto, apresenta potencial para melhorar a produtividade e a sustentabilidade no cultivo dessas culturas, garantindo assim o abastecimento constante e a qualidade dos produtos para os consumidores (ALVES et al., 2021; SOUZA; MARTINS, 2020).

O Brasil possui cerca de 2.699,5 milhões de hectares, produtividade de 1.125 kg ha⁻¹ e produção de 3.036,7 milhões de toneladas de feijão comum nas três safras, enquanto que o milho possui 22.269,2 milhões de hectares, produtividade média de 5.923 kg ha⁻¹ e produção nacional de 131.892,6 milhões de toneladas nas três safras cultivadas (CONAB, 2023). A produção nacional de feijão e milho tem sido impulsionada pela modernização das técnicas agrícolas, incluindo o uso de sistemas de irrigação avançados e a introdução de variedades mais resistentes a pragas e doenças. Além disso, programas de apoio ao agricultor e a adoção de tecnologias sustentáveis têm contribuído para o aumento da produtividade e a redução dos custos de produção (FERREIRA; GOMES, 2019).

O cultivo do feijoeiro comum tipo carioca no Sistema de Plantio Direto tem sido amplamente adotado devido aos seus benefícios para a conservação do solo e a sustentabilidade agrícola (CARDOSO et al., 2021; MENDES et al., 2022). Esse sistema de cultivo contribui para a preservação da estrutura do solo, melhora a

retenção de água e aumenta o teor de matéria orgânica, esse sistema é amplamente adotado para obtenção de uma agricultura mais eficiente e sustentável (ROCHA et al., 2020). A utilização de plantas de cobertura é uma prática crucial para a ciclagem de nutrientes em sistemas agrícolas, plantas como leguminosas, gramíneas e brassicáceas captam nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo e potássio, prevenindo a lixiviação e enriquecendo o solo (PACHECO et al., 2017; TEODORO et al., 2018; CARNEIRO et al., 2020). Após a decomposição, essas plantas liberam nutrientes de volta ao solo, tornando-os disponíveis para culturas subsequentes e melhorando a fertilidade do solo. Além disso, aumentam a matéria orgânica e melhoram a estrutura do solo, promovendo a sustentabilidade agrícola.

Espécies como a *Crotalária*, desempenham um papel crucial na sustentabilidade agrícola, sendo uma leguminosa, é especialmente eficaz na fixação biológica de nitrogênio, melhorando a fertilidade do solo e reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos ou minerais. Também conhecida por contribuir para a supressão de nematoides e o aumento da matéria orgânica no solo, ao decompor-se, a *Crotalária* libera nutrientes, como nitrogênio e fósforo, que são prontamente disponíveis para culturas subsequentes, promovendo uma ciclagem eficiente de nutrientes e melhorando a qualidade do solo (TEODORO et al., 2018).

A sucessão de culturas desempenha um papel fundamental na manutenção da saúde do solo e na sustentabilidade agrícola. A alternância de cultivos, como milho e feijão, melhora a estrutura do solo, promove a ciclagem de nutrientes e reduz a incidência de pragas e doenças. Além disso, Souza e Almeida destacam que essa prática possibilita maior diversificação econômica para os agricultores, reduzindo riscos associados à monocultura e aumentando a produtividade das áreas cultivadas. Lima et al. ressaltam que essa prática melhora a conservação da água no solo e reduz a erosão, promovendo a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. A prática de sucessão de culturas também desempenha um papel fundamental no controle de pragas e doenças. A alternância de culturas cria um ambiente menos favorável para a sobrevivência de patógenos e pragas específicas de determinadas espécies, interrompendo o ciclo de vida desses organismos e reduzindo a necessidade do uso de pesticidas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar estratégias agrícolas para melhorar a produtividade do feijão terceira safra em sucessão a diferentes culturas de cobertura e milho safra, considerando o impacto em solo arenoso.

2.1 Objetivos Específicos

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito residual do cultivo antecessor de diferentes espécies de culturas de cobertura do solo, seguido do cultivo do milho safra nos componentes agronômicos, produtivos e produtividade de grãos do feijão de terceira safra.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ASPECTOS GERAIS E IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DO FEIJÃO

O feijão é uma planta leguminosa, pertencente à família Fabaceae, e conhecida por incluir plantas que possuem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico através de simbiose com bactérias diazotróficas presentes no solo, especificamente as do gênero *Rhizobium*, sendo característica importante que pode contribuir na qualidade do solo (SILVA; SANTOS, 2018).

O feijoeiro possui ampla adaptabilidade em diferentes condições climáticas e tipos de solo, de acordo com algumas variedades, o ciclo da cultura varia de 70 a 120 dias (NUTRIÇÃO DAS SAFRAS, 2023). Atualmente devido ao seu ciclo curto, melhoramento genético, sistemas de irrigação e práticas conservacionistas como o Sistema Plantio Direto, é possível realizar três safras de feijão no ano, primeira safra conhecida como “safra das águas, com semeaduras entre outubro e novembro; segunda safra conhecida como “safra da seca”, semeadura entre fevereiro a março e o feijão “terceira safra” com semeadura previstas nos meses de maio a junho (RIBEIRO; MOURA, 2021)

É uma planta com origem da América Latina e Central e amplamente cultivada mundialmente, com destaque nos países da América Latina, África e Ásia, o Brasil está entre os principais produtores mundial, portanto, sendo uma das principais culturas mais produzidas e consumidas pelos brasileiros em sua alimentação. É considerado o alimento básico da população e principalmente pela população brasileira, por ser uma excelente fonte de proteínas, vitaminas e carboidratos complexos, como uma ótima fonte de energia (CONAB, 2023).

Em relação a produção mundial, cerca de 61% da produção mundial deste produto é proveniente de apenas seis países. Myanmar, país localizado no sudeste Asiático é o maior produtor mundial dessa leguminosa, seguido da Índia. Surgem, ainda, como maiores produtores o Brasil, China, EUA e México (CONAB, 2017). Segundo os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), para a safra de 2023/2024, a produção de feijão no Brasil é de crescimento tanto em área plantada, quanto em produtividade e a produção estimada é de aproximadamente 3,2 milhões de toneladas, refletindo em um aumento em relação às safras anteriores, tendo esse crescimento por condições climáticas favoráveis e

investimentos em tecnologias agrícolas para melhorar produtividade e resistência a pragas e doenças.

3.1.1 Sistema Plantio Direto

O sistema de plantio direto (SPD) é uma técnica agrícola conservacionista que visa a conservação do solo e da água, além de promover a sustentabilidade da produção agrícola, sendo caracterizado por três pilares: cobertura permanente do solo com utilização de culturas de cobertura e resíduos para proteger o solo contra erosão e melhorar a matéria orgânica; rotação de culturas apresentando alternância de diferentes culturas no mesmo espaço para quebrar ciclos de pragas e doenças, além de melhorar a estrutura e fertilidade do solo e, o não revolvimento do solo a partir do plantio direto das sementes no solo sem a necessidade de arar ou agregar, o que reduz a perturbação do solo tanto como mecânica, química ou biológica e preservar sua estrutura (FEBRAPDP, 2023).

Os princípios utilizados no SPD o diferenciam de semeadura direta ou plantio direto, pois o SPD abrange um conjunto de técnicas integradas que vão além do simples ato de semear ou plantar sem preparo prévio do solo. Nestas formas de manejo cultivam-se sequências simples, compostas de espécies para formação de palhada e da técnica e economicamente o contínuo semear ou plantar sem preparo prévio do solo, safra após safra, por tempo indeterminado (EMBRAPA, 2022).

Segundo a EMBRAPA (2006), o sistema de plantio direto é aquele cujas sementes e adubos são colocados diretamente no solo não revolvido, usando máquinas apropriadas. Este método utiliza menor número de mão de obra homem e hora máquina, o que leva a custos de produção menores do que os do sistema de plantio convencional (OLIVEIRA; VEIGA FILHO, 2002).

O sistema de plantio direto normalmente ocorre sobre a palhada da cultura anterior. Onde, as operações de gradagem e subsolagem são substituídas pela trituração da palhada. Após a trituração dos restos culturais, faz-se também a dessecação das plantas daninhas com herbicidas registrados para tal prática. Na sequência à dessecação, com a semeadura direta, juntamente com a adubação de plantio (STONE, MOREIRA, 2000; ALVARENGA, 2001; RAPASSI et al., 2003; FAGERIA; STONE, 2004).

Na prática também ocorre alguns desafios e limitações, como a ausência de revolvimento do solo pode favorecer a emergência de plantas daninhas, exigindo estratégias eficazes de manejo (DERPSCH et al., 2014). A transição do sistema convencional para o SPD pode exigir um período de adaptação, durante o qual a produtividade pode ser impactada (HOBBS et al., 2008). Manter uma cobertura adequada do solo pode ser desafiador em regiões com baixa produção de biomassa ou em sistema com alta remoção de resíduos para outros usos (SIX et al., 2002).

3.1.2 Adubação verde de verão - outono

A utilização da adubação verde, é uma prática agrícola que consiste no uso de certas plantas que são capazes de reciclar os nutrientes presentes nas camadas profundas do solo, ou da atmosfera, tornando o solo mais fértil e mais produtivo. Essas plantas são rústicas possuem sistema radicular profundo (EMBRAPA, 2016)

Essas plantas são condicionadoras, pois ao adicionarem matéria orgânica ao solo, melhoram a qualidade, também são plantas recicladoras por apresentarem sistema radicular profundo e ramificado, sendo capaz de explorar camadas mais profundas, e assim trazendo nutrientes para as camadas superficiais (FAGERIA,2005).

A maioria dos adubos verdes são da família das leguminosas que são capazes de fixar o nitrogênio da atmosfera junto com bactérias denominadas rizóbios, para a utilização podem ser citadas as seguintes espécies como as crotalárias; guandu; mucunas e feijão de porco, várias espécies da família das gramíneas também são utilizadas como o sorgo e o milho, também podendo utilizar outras espécies como o girassol da família asteraceae e nabo forrageiro da família das crucíferas. Essa técnica visa recuperar solos degradados, melhorando solos pobres e conservar os que já são produtivos, trazendo maiores ganhos para os produtores rurais (OLIVEIRA; COSTA, 2010).

O uso de adubos verdes é uma prática agrícola sustentável que melhora a qualidade e a fertilidade do solo por meio da rotação de culturas e consórcios de espécies adaptadas a diferentes estações do ano. No período de outono e inverno, recomenda-se o cultivo de culturas como aveia, centeio, nabo forrageiro, ervilhaca e tremoço, que, além de protegerem o solo, promovem melhorias em suas

características físicas e biológicas. Para o verão, espécies como mucuna, crotalária, feijão-de-porco, milho e girassol se destacam, principalmente em consórcios que otimizam a reciclagem de nutrientes e a fixação de nitrogênio, como no caso de girassol + milho, utilizando proporções de 15+8 kg de sementes por hectare. Além disso, a prática reduz a erosão, controla plantas invasoras e pragas, e aumenta a capacidade de retenção de água no solo, favorecendo o equilíbrio do sistema agrícola e a redução do uso de insumos químicos (Brasil, 2017; Revista Campo & Negócios, 2024).

3.1.3 Plantas de cobertura

As plantas de cobertura quando cultivadas e utilizadas corretamente conseguem a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, além de serem essenciais para incremento de matéria orgânica do solo, sendo fundamental na dinâmica desses atributos supracitados que compõem a fertilidade do solo, essa prática tem grande importância em solos tropicais e intensamente intemperizados (SILVA et al., 2011).

A finalidade de uso dessa técnica de cobrir o solo, protegendo-o contra processos erosivos e a lixiviação de nutrientes, contudo as plantas de cobertura não se limitam apenas a isto, também podem ser utilizadas para pastoreio, produção de grãos e sementes, silagem, feno e também ser uma opção de fornecer palha para o Sistema Plantio Direto, tanto como a parte aérea das plantas são importantes como as raízes das mesmas, mas os efeitos das raízes nas profundidades do solo ainda não são muito reconhecidas, embora sabemos a importância na construção do perfil do solo (TEIXEIRA et al., 2005). As plantas de cobertura são cultivadas principalmente para proteger e melhorar o solo entre os ciclos de produção das culturas principais. Elas são semeadas durante períodos de pousio, como o verão e outono, para cobrir o solo, prevenir erosão, e adicionar matéria orgânica (TEIXEIRA et al., 2005; SILVA et al., 2011).

Levando em conta que essa prática traz muitas vantagens para a agricultura, contribuem para o sistema agrícola mais sustentável ao melhorar a saúde do solo, cobertura do solo melhorando a infiltração e retenção de água, sendo essencial para as culturas durante períodos de seca, e promovem melhor biodiversidade do solo,

favorecendo um ambiente aos organismos benéficos, como os microrganismos do solo e insetos.

3.1.4 Sucessão de culturas

A sucessão de culturas, têm por finalidade cultivar uma diversidade de espécies vegetais na lavoura trazendo benefícios ao solo quanto aos aspectos físicos, químicos e biológicos, contudo diminuindo a ocorrência de plantas daninhas. Pode ser um cultivo de uma ou duas espécies vegetais cultivadas em uma área agrícola, com repetição dos ciclos da cultura ao longo dos anos seguintes, logo após a colheita de uma cultura inicial e antes do plantio da próxima, aumentando a produtividade agrícola (LIMA et al., 2021).

A sucessão de culturas permite uma utilização mais eficiente dos recursos naturais, como água e nutrientes, ao longo do ano. Culturas diferentes têm demandas distintas, o que pode otimizar o uso do solo e reduzir a necessidade de insumos externos (AQUINO et al., 2020).

Alternar culturas em um curto espaço de tempo ajuda a quebrar os ciclos de pragas e doenças específicas, diminuindo a dependência de pesticidas químicos e promovendo um ambiente agrícola mais sustentável (LIMA et al., 2021).

Culturas diferentes contribuem de maneira variada para a estrutura e fertilidade do solo. Leguminosas, por exemplo, podem fixar nitrogênio, beneficiando as culturas subsequentes e melhorando a qualidade geral do solo (CARVALHO et al., 2019).

A prática de sucessão de culturas, pode levar ao aumento da produtividade, permitindo múltiplas colheitas e uma melhor gestão dos ciclos de produção (SOUZA et al., 2020).

Este sistema de sucessão de culturas é amplamente utilizado, especialmente no Cerrado brasileiro, onde o cultivo do milho durante a safra de verão desempenha um papel importante na sustentabilidade da produção agrícola e na eficiência do uso do solo. A integração de plantas de cobertura, milho e feijão na sucessão de culturas tem se mostrado uma prática essencial para o aumento da produtividade e melhoria das condições do solo. Além disso, essa estratégia pode ser adaptada a outras culturas, promovendo maior diversificação agrícola, redução de impactos ambientais e fortalecimento da sustentabilidade dos sistemas produtivos (AQUINO et al., 2020). Os diferentes tratamentos testados no presente trabalho destacam o potencial de

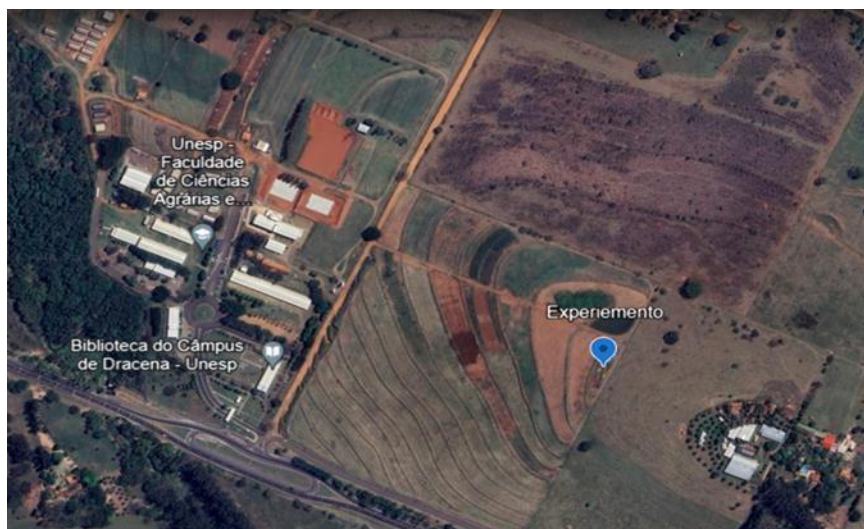
espécies como *Urochloa ruziziensis*, *Crotalaria ochroleuca* e *Pennisetum glaucum* para contribuir com o manejo de solos arenosos e maximizar o rendimento do feijão terceira safra.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido em campo, na área experimental da instituição de ensino, da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, FCAT- Universidade Estadual Paulista, Unesp- Campus de Dracena (51° 52' de Longitude Oeste de e 21°29' de Latitude Sul), com altitude de 420 m (Figura 1). A temperatura média anual é de 24°C, a precipitação média anual é de 1.261mm. De acordo com a classificação de Köppen, o tipo climático da região é o tropical úmido (Aw), classificado como inverno seco, verão quente e chuvoso. Já o solo é considerado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura arenosa (SANTOS et al., 2018).

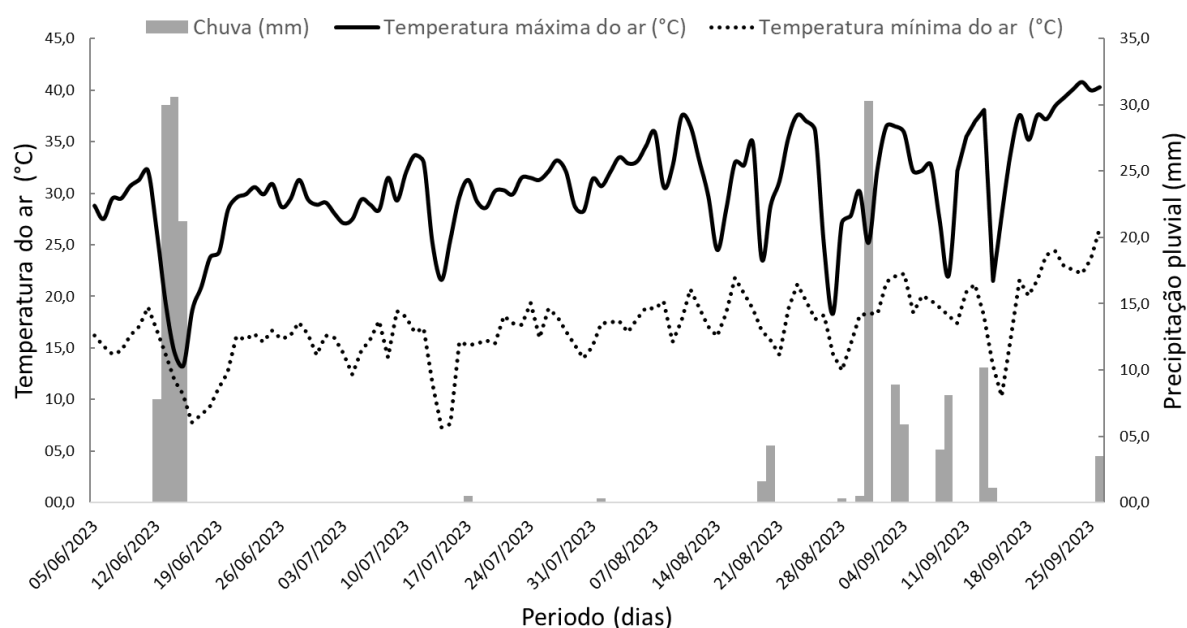
Figura 1. Localização da área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas- FCAT, Campus de Dracena, Dracena- SP, safra de feijão de inverno, 2023.



Fonte: Google Earth.

Os dados climáticos (precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas) referentes ao período de condução do experimento constam na Figura 2.

Figura 2. Precipitação pluvial, temperaturas máximas e mínimas do ar, obtidas durante a condução do experimento, nos meses de junho a setembro de 2023 em Dracena, SP, Brasil.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Antes da instalação do experimento, foi realizada a caracterização dos atributos químicos do solo, com amostra composta, 20 amostras simples de solo deformadas, em toda a área experimental, também sendo feito o preparo do solo com calagem, segundo a metodologia proposta por Raij et al. (2001), nas camadas de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m, com os seguintes resultados:

Camada (m)	P (mg dm ⁻³)	M.O. (g dm ⁻³)	pH (CaCl ₂)	K ⁺ (mmolc dm ⁻³)	Ca ²⁺ (mmolc dm ⁻³)	Mg ²⁺ (mmolc dm ⁻³)	H+Al (mmolc dm ⁻³)	SB (mmolc dm ⁻³)	CTC (mmolc dm ⁻³)	Saturação por bases (%)
0,00 - 0,20	9	14	4,8	4,5	9	6	25	19,3	44,3	44
0,20 - 0,40	3	12	4,5	2,6	10	4	26	16,6	41,6	40

4.1.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com nove tratamentos e quatro repetições para as plantas de cobertura, constituído pelo cultivo antecessor dos tratamentos no dia 11 de março de 2022 constituídos das espécies de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), *Crotalaria juncea*, *spectabilis*, milheto (*Pennisetum glaucum*), *Crotalaria ochroleuca*, *Urochloa ruziziensis* e mucuna-cinza (*Mucuna cinerea*), um pousio com vegetação espontânea e um pousio capinado.

Logo após o cultivo e manejo químico dia 30 de agosto de 2022 (dessecação) das culturas de cobertura do solo foi realizada a semeadura da cultura do milho safra após sua colheita, foi realizada a semeadura da cultura do feijão, seguindo o mesmo delineamento experimental e os nove tratamentos propostos.

As parcelas foram constituídas por cinco linhas de cinco metros de comprimento, sendo consideradas como área útil, as duas linhas centrais, desprezando 1,0 metro em ambas as extremidades de cada linha, o espaçamento entre linhas foi de 0,45.

4.1.3 Instalação e condução do experimento

Após a colheita do milho, cultura antecessora ao feijão, foi realizada a dessecação das plantas, previamente à semeadura do feijão, utilizando-se o herbicida Diquat, tendo como ingrediente ativo principal o Diquat Dibrometo, composto responsável pela ação do produto, sendo utilizado para dessecante e herbicida de contato, no controle de plantas daninhas, utilizado na dose de 1,5 L ha⁻¹, seguido do preparo da área, operação com triturador mecânico (roçadeira) para manter a deposição das plantas de milho e das plantas de cobertura no solo e assim realizado posteriormente a semeadura do feijão. Esta foi realizada no dia 27 de junho de 2023, utilizando-se uma semeadora/adubadora acoplada ao trator (Figura 3), de cinco linhas com a regulagem de 14 sementes por metro linear.

O experimento foi realizado com a cultivar de feijão, IAC 1850, com hábito de crescimento indeterminado tipo II e grãos do tipo carioca, recomendado e adaptado à região. As sementes foram tratadas previamente com inseticida e fungicida com o

produto CropStar, utilizando os seguintes princípios ativos: imidacloprido, tiodicarbe e outros ingredientes, seguindo a recomendação do fabricante para a cultura, utilizando-se a dose de 3 mL/ kg de semente (Figura 3). Na sequência após a secagem do tratamento de semente, as sementes de feijão também foram inoculadas com *Rhizobium tropici* na dose de 200 mL ha⁻¹ e coinoculadas com *Azospirillum brasilense* na dose de 200 mL ha⁻¹.

Foi realizada adubação de base na semeadura com NPK, formulado comercial 04-30-10, na dose de 160 kg ha⁻¹, cuja recomendação foi realizada de acordo com os resultados da análise da fertilidade inicial do solo e recomendação para a cultura do feijão. A adubação de cobertura com nitrogênio foi realizada 30 dias após a emergência das plantas na dose de 45 kg ha⁻¹, devido ao solo apresentar textura arenosa, foi realizado o parcelamento da adubação, usando 50% da dose quando as plantas atingiram o estágio V3 e 50% no estágio V4-5, conforme recomendação de Wutke et al., (2022).

A área experimental foi irrigada com aspersor convencional e 80% de eficiência, cujo aspersor foi o Agropolo, modelo NY 25 com bocais de 2,8 x 2,5 mm, composto por duas linhas com oito aspersores em cada, no espaçamento de 12 m entre eles, de forma a obter boa uniformidade de aplicação lâmina de 4,9 mm h⁻¹ pressão de serviço de 2,0 kgf cm⁻².

Durante o período de irrigação, foi ativada durante duas vezes na semana até atingir a fase de florescimento (R6), a partir disto, a irrigação, passou-se a ser realizada três vezes na semana.

A emergência das plantas de feijão ocorreu uniformemente no sexto dia após a semeadura (DAS). O florescimento pleno e colheita das parcelas do feijão, ocorreram aos 45 e 98 dias após a emergência (DAE) das plantas, respectivamente.

4.1.4 Avaliações e análises estatística dos dados

Com aproximadamente 11 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 cujo objetivo foi de calcular a população inicial e a população final de plantas ha⁻¹.

No florescimento pleno do feijão (estádio R6), foram coletadas em locais pré-determinados na área útil das parcelas, foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada

a temperatura média de 60-70°C, por 72 horas. Posteriormente as amostras foram pesadas e os valores foram convertidos em g planta⁻¹.

Também na mesma época foi coletado o teor relativo de clorofila foliar, determinado indiretamente com leituras do clorofilômetro portátil ClorofiLOG®, modelo CFL 1030, (Falker Automação Agrícola®), adotando o terceiro trifólio completamente expandido a partir do ápice, em cinco plantas na área útil de cada parcela realizada no dia 05 de setembro de 2023. Por ocasião da coleta, foi determinado através da coleta de 15 folhas diagnósticas do terceiro trifólio realizada no mesmo dia, conforme recomendação de Ambrosano et al 1998, determinados conforme metodologia proposta por Malavolta, Vitti et.al. (1997) sendo estas secas em estufa de ventilação de ar forçado à 65 ° C até a obtenção de massa constante, sendo posteriormente moídas em moinho tipo Wiley para determinação da concentração foliar de N, P, K.

Na colheita realizada no dia 10/10/2023 foram coletadas: número de vagens por planta, determinado por meio da relação do número total de vagens e número de plantas; número de grãos por planta: obtido da relação do número total de grãos e número de plantas; número médio de grãos por vagem: calculado através da relação do número total de grãos e número de vagens e massa de cem grãos: obtido por meio da coleta e pesagem de uma amostra de cem grãos por parcela.

As plantas da área útil de cada parcela foram colhidas e deixadas secando a pleno sol durante três dias. Após, foram submetidas à trilha mecânica, os grãos foram pesados e os dados transformados em kg ha⁻¹. Foi avaliado o número de dias transcorridos em toda fase da cultura desde a emergência até a colheita.

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste F da análise de variância e constatado a efeito significativa entre as fontes de variação, foi realizado a comparação das médias dos tratamentos estudados pelo teste de Scott Knott, adotando-se o nível de 5% de significância, utilizando o programa estatístico Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2019).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo para população inicial e final de plantas, massa seca de planta toda e teor relativo de clorofila foliar apresentados na Tabela 1. Analisando os resultados da análise de variância, em relação à população inicial e final de plantas do feijão, verificou-se que a espécie de *Crotalaria spectabilis* e *juncea*, proporcionaram a maior população inicial com média de 205 mil e 208 mil plantas há⁻¹ e final com média de 149 mil e 155 mil de plantas há⁻¹ do feijão (Tabela 1).

Embora distinto, os valores de população inicial do feijão não afetam nas plantas devido ao efeito de plasticidade na cultura. De acordo com Silva et al., 2008 trabalhos publicados indicam a população ideal de plantas relativos à cultura do feijão de 200 a 240 mil plantas ha⁻¹ são consideradas como adequadas para se obter o máximo rendimento. O feijoeiro, mesmo sendo considerado uma planta com muita plasticidade, pode produzir satisfatoriamente em faixas de populações amplas, podendo atingir de 100 a 400 mil plantas ha⁻¹ (SOUZA et al., 2002).

Tabela 1. Valores médios da população inicial (PI) e final (PF) de plantas, acúmulo de massa seca de planta toda (AMSP) e teor relativo de clorofila foliar (TCF) da cultura do feijão terceira safra em sucessão as culturas de cobertura e milho primeira safra, Dracena, SP, Brasil, safra 2023.

Tratamentos	PI Plantas ha ⁻¹ x 1000	PF	AMSP g planta ⁻¹	TCF
Pousio	187 b	124 b	11,88 c	38 b
Capinado	160 c	124 b	12,50 c	40 b
<i>Urochloa</i>	183 b	103 c	13,25 c	38 b
Milheto	202 a	121 b	12,13 c	39 b
<i>C. ochroleuca</i>	214 a	118 b	14,13 c	42 a
<i>C. spectabilis</i>	204 a	149 a	15,50 b	39 b
<i>C. juncea</i>	208 a	155 a	18,50 a	40 b
Mucuna-preta	194 b	125 b	12,63 c	39 b
Feijão-de-porco	137 d	133 b	15,63 b	39 b
Valores de F	18,753*	20,353*	9,439*	4,161*
Erro padrão	5808,43	3544,61	0,70	0,55
Média Geral	188.168,71	128.400,19	14,01	39,47
CV (%)	6,17	5,52	10,11	6,27

Médias seguidas de letras iguais nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a* 5% de significância.

Em relação aos resultados do acúmulo de matéria seca na planta toda e teor relativo de clorofila foliar (Tabela 1), foi observado se que o cultivo anterior de *Crotalaria juncea*, proporciona maior incremento de acúmulo de massa seca na planta toda de feijão com média de 18,50 g planta⁻¹.

Além disso, constatou-se que o cultivo antecessor de *Crotalaria ochroleuca*, proporcionou aumento no teor relativo de clorofila foliar do feijão comum. Esse comportamento de efeito residual das crotalárias no sistema de produção agrícola, ocorrem devido à espécie apresentar maior capacidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN) e ciclagem de nutrientes no solo e deixar disponível as plantas. A espécie de *Crotalaria spectabilis*, comparada com a *Urochloa ruziziensis*, pode proporcionar maior produtividade no sistema de produção, pela melhor sincronia entre liberação de N acumulados na parte aérea e absorção do elemento pela cultura em sucessão (MIGUEL et al., 2018).

O cultivo anterior de *Crotalaria juncea* seguida de milho primeira safra proporciona incremento de acúmulo de massa seca na planta toda de feijão, seguida posteriormente dos cultivos de *Crotalaria spectabilis* e feijão-de-porco. O cultivo antecessor de *Crotalaria ochroleuca*, seguido de milho primeira safra aumenta o teor relativo de clorofila foliar do feijão comum.

Houve efeito significativo para número de vagens por planta, número de grãos por planta, massa de cem grãos e produtividade de grãos apresentados na Tabela 2. Analisando os resultados do número de vagens por planta e número de grãos por planta do feijão (Tabela 2), verificou-se que a espécie de *Urochloa ruziziensis* e o pousio capinado proporcionaram maiores número de vagens com média de 16,8 e 15,3 vagens por planta e número de grãos por planta do feijão com média de 75,18 e 777,73, respectivamente o cultivo antecessor de plantas de cobertura não influenciou o número médio de grãos por vagem.

De acordo com Fiorentin et al. (2011) também constataram diferenças significativas para o número de vagens por planta, com maiores quantidades cultivando o feijão sobre a cobertura de *U. ruziziensis* em relação ao milho exclusivo e não diferindo do consorciado. Mingotte et al. (2014), avaliando o cultivo do feijão sobre as coberturas vegetais de milho e *U. ruziziensis*, não verificaram diferenças

para número de grãos por vagem e constataram maior número de vagens no feijão cultivado sobre *U. ruzizensis*.

O cultivo anterior de *Crotalaria spectabilis* seguida de milho primeira safra proporciona maior incremento de massa de cem grãos e produtividade de grãos do feijão, seguida dos cultivos de *Urochloa ruzizensis*, milheto, *Crotalaria juncea*, mucuna-preta e o pousio capinado.

De acordo com Arf et al. (2008), para a massa de 100 grãos dificilmente se observará alteração significativa em seus valores em adequadas condições de cultivo, decorrentes da utilização de técnicas de manejo de solo e/ou adubação.

Torres et al., 2014, analisando o cultivo de sucessão de feijão e milho e plantas de cobertura, relataram que a produtividade de grãos de feijão foi maior quando cultivado sobre *C. spectabilis* com produtividade em torno de 1,2 t ha⁻¹. Com esse tratamento teve o destaque maior, pois essa espécie tem capacidade de fixar nitrogênio no solo; eficiência na redução da população de nematoide, alta produção de matéria verde, sistema radicular ramificado e profundo favorecendo a absorção de nutrientes.

Em relação à massa de cem grãos (Tabela 2), constatou-se que o cultivo antecedente com *Urochloa ruzizensis* também gerou um aumento, com valor médio de 25,20 g, representando um incremento de 3,15% em comparação ao pousio. Esse aumento na massa dos grãos pode ser explicado pela eficiência dessa espécie na conservação da umidade do solo e no controle da erosão, contribuindo assim para a melhoria das condições de crescimento das plantas.

Analisando os resultados do número de vagens por planta (Tabela 2) e massa de cem grãos, verifica-se que o cultivo antecessor de *Urochloa ruzizensis* apresentou incremento no número de vagens por planta (16,8 vagens por planta), apresentando um acréscimo de 15,8% em relação ao pousio, em relação à massa de cem grãos (Tabela 2), constatou-se que o cultivo antecedente com *U. ruzizensis* também gerou um aumento, com valor médio de 25,20 g, representando um incremento de 3,15% em comparação ao pousio. Esse aumento pode ser explicado pela capacidade de *U. ruzizensis* de melhorar as condições do solo, especialmente em solos arenosos, onde a retenção de água e a fertilidade são limitadas. *Urochloa ruzizensis* é conhecida por aumentar a matéria orgânica e favorecer a estruturação do solo, resultando em melhor retenção de água e nutrientes, o que beneficia o desenvolvimento das vagens do feijão. Esse resultado é importante, pois sugere que

a rotação com essa planta de cobertura pode ser uma estratégia eficaz para aumentar a produtividade em solos arenosos, onde a fertilidade natural é baixa (AMADO et al.,2002).

Analisando os dados de número de grãos por planta (Tabela 2) observa-se que o cultivo antecessor de *C. spectabilis* apresentou incremento no número de grãos por planta (75,53 grãos por vagem), apresentando um acréscimo de 6,57% em relação ao pousio. Esse resultado pode estar relacionado à capacidade da *C. spectabilis* de fixar nitrogênio atmosférico, melhorando a disponibilidade desse nutriente essencial no solo. O nitrogênio é fundamental para o desenvolvimento dos grãos, e sua maior disponibilidade pode ter contribuído para o aumento no número de grãos por planta. Isso sugere que a utilização de leguminosas como a *C. ochroleuca* pode ser uma estratégia viável para aumentar a eficiência nutricional e o rendimento do feijão em sucessão, especialmente em solos arenosos (PACHECO et al.,2028). Destacando-se também o tratamento com *Urochloa ruziziensis* com incremento de 75,18 grãos por vagem, apresentando um acréscimo de 6,36% em relação ao pousio. A utilização de *Urochloa ruziziensis* como cobertura vegetal aumenta o número de grãos por planta no feijão devido à melhoria da fertilidade e estrutura do solo, maior ciclagem de nutrientes e controle de plantas daninhas. Além disso, promove melhor retenção de água e reduz estresses abióticos, criando condições ideais para o desenvolvimento do feijoeiro. Essa prática também favorece a fixação de nitrogênio, resultando em plantas mais produtivas e sustentáveis.

Analisando a produtividade de grãos (Tabela 2), observa-se que o cultivo antecessor de *C. spectabilis* (2,114 kg ha⁻¹), apresentou incremento de 41,02% com relação ao pousio. Esse aumento substancial na produtividade pode ser atribuído à alta capacidade de ciclagem de nutrientes da *C. spectabilis*, que, ao decompor sua biomassa no solo, libera uma quantidade de nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo e potássio, que são rapidamente disponibilizados para o feijão. Além disso, a presença de leguminosas pode melhorar a estrutura do solo e a atividade microbiológica, fatores que contribuem diretamente para o aumento da produtividade em solos arenosos, que tradicionalmente apresentam baixa fertilidade (ANTÔNIO DE GOIÁS et al.,2006).

O número médio de grãos por vagem (NGV) não foi influenciado pelo cultivo antecessor de plantas de cobertura de milho em sucessão (Tabela 2).

Os resultados indicam que o cultivo de *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria ochroleuca* como plantas de cobertura aumenta a produtividade do feijão em solos arenosos, melhorando o número de vagens por planta e a massa de 100 grãos devido à retenção de água e fertilidade do solo. A sucessão com *Urochloa ruziziensis* e o pousio capinado seguida do cultivo de milho primeira safra proporcionam incrementos no número de vagens por planta e número de grãos por planta do feijão.

Tabela 2. Valores médios do número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número médio de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (M100G) e produtividade de grãos (PG) da cultura do feijão terceira safra em sucessão a culturas de cobertura e milho primeira safra, Dracena, SP, Brasil, safra 2023.

	NVP	NGP	NGV	M100G g	PG kg ha ⁻¹
Pousio	14,5 b	70,68 b	4,9 a	24,43 a	1.499 d
Capinado	15,3 a	77,73 a	5,1 a	24,24 a	1.884 b
<i>Urochloa</i>	16,8 a	75,18 a	4,5 a	25,20 a	1.773 b
Milheto	13,0 b	68,33 b	5,3 a	24,79 a	1.922 b
<i>C. ochroleuca</i>	9,5 c	43,93 c	4,7 a	23,10 b	1.342 d
<i>C. spectabilis</i>	13,5 b	75,53 a	5,6 a	24,50 a	2.114 a
<i>C. juncea</i>	13,7 b	70,48 b	5,2 a	23,95 a	1.921 b
Mucuna-preta	13,9 b	64,70 b	4,7 a	24,34 a	1.820 b
Feijão-de-porco	12,6 b	63,08 b	5,0 a	23,37 b	1.663 c
Valores de F	10,505*	12,212*	2,556 ^{ns}	6,913*	15,712*
Erro padrão	0,6212	2,9151	0,2139	0,2521	59,68
Média Geral	13,64	67,73	4,98	24,21	1770,9
CV (%)	9,11	8,61	8,59	2,07	6,74

Médias seguidas de letras iguais nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a * 5% de significância respectivamente.

Analisando os resultados da Tabela 3, verifica-se que o milheto apresentou maior concentrações foliares de nitrogênio, fósforo e potássio. Este tratamento com *P. glaucum* resultou em um aumento de 40,36% na concentração de nitrogênio em comparação ao pousio, indicando uma maior disponibilidade desse nutriente nas plantas de feijão sucedidas ao milheto. Esse incremento pode ser atribuído à capacidade do milheto de melhorar a ciclagem de nutrientes, além de contribuir para a retenção de nitrogênio no solo, o que favorece a nutrição da cultura subsequente.

Com relação ao fósforo, o tratamento com milho também proporcionou com 45,45% de incremento em relação ao pousio. A maior concentração de fósforo pode estar associada à capacidade desta gramínea de melhorar a disponibilidade desse nutriente no solo, especialmente em solos arenosos. A cobertura do solo com milho contribui para a proteção contra a erosão, o que ajuda a manter o fósforo no sistema, resultando em maior absorção pelas plantas de feijão.

Além disso, observou-se um incremento de 38,46% na concentração de potássio nas plantas de feijão cultivadas após milho, o que reforça a importância dessa planta de cobertura na reciclagem de nutrientes. O potássio é essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas e seu aumento, demonstra que esta cultura desempenha papel relevante na manutenção da fertilidade do solo.

O tratamento com *C. ochroleuca* também apresentou um aumento significativo na concentração foliar de nitrogênio, com um incremento de 34,63% em relação ao pousio. Esta leguminosa é capaz de fixar nitrogênio atmosférico, o que explica a maior concentração desse nutriente nas plantas de feijão cultivadas após essa cobertura. Esse resultado confirma o papel das leguminosas no enriquecimento do solo com nitrogênio, essencial para o desenvolvimento saudável das plantas.

Outro tratamento que se destacou, foi o feijão-de-porco, que apresentou o maior incremento de nitrogênio de 43,07% em relação ao pousio. O feijão-de-porco, como leguminosa, tem alta capacidade de fixar nitrogênio, o que resulta em maiores concentrações desse nutriente nas plantas subsequentes. Além disso, esse tratamento também apresentou aumento significativo na concentração de potássio, com um incremento de 45,79% em relação ao pousio.

Os resultados das concentrações foliares foram interpretados conforme as faixas de suficiência descritas por Ambrosano et al., (1997) em g kg⁻¹: N-30,0 a 50,0; P-2,5 a 4,0; K-20,0 A 24,0. As médias das concentrações foliares de macronutrientes avaliados nas folhas das plantas do experimento, ficou dentro do padrão que é considerado adequado para a cultura do feijão (Tabela 3).

Em relação à concentração foliar de P, houve diferenças estatísticas entre os tratamentos. É possível notar que o cultivo antecessor de milho aumentou a concentração foliar de P em relação aos demais tratamentos, com média de 4,8 g kg⁻¹ (Tabela 3). Já em relação a concentração de K, semelhante ao N, o cultivo antecessor de feijão de porco, propiciou a maior concentração de K em relação aos

demais tratamentos, com média de 22,9 g kg⁻¹, seguido do cultivo de milho que também apresentou resultados satisfatórios com média de 21,6 g kg⁻¹ (Tabela 3).

Os resultados mostram que *Pennisetum glaucum* aumentou as concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio, melhorando a fertilidade do solo. A *Crotalaria ochroleuca* e feijão-de-porco também se destacaram pelo aumento no teor de nitrogênio e potássio, favorecendo o desenvolvimento do feijão em sucessão.

Tabela 3. Valores médios da concentração foliar de N, P, K, das folhas diagnósticas do feijão terceira safra em sucessão a culturas de cobertura e milho primeira safra, Dracena, SP, Brasil, safra 2023.

Tratamentos	N	P	K
	----- g kg ⁻¹ -----		
Pousio	33,2 d	3,3 d	15,6 c
Capinado	41,9 b	4,3 b	18,4 b
<i>U. ruziziensis</i>	37,2 c	3,7 c	17,4 c
<i>P. glaucum</i>	46,6 a	4,8 a	21,6 a
<i>C. ochroleuca</i>	44,7 a	3,6 c	18,6 b
<i>C. spectabilis</i>	33,4 d	3,4 d	17,7 c
<i>C. juncea</i>	40,8 b	3,7 c	19,5 b
Mucuna	36,8 c	3,2 d	16,7 c
Feijão-de-porco	47,5 a	3,6 c	22,9 a
Valores de F	26,619*	23,171*	17,768*
Erro padrão	1,0476	0,1067	0,5494
Média Geral	40,22	3,72	18,70
CV (%)	4,51	4,97	5,09
Faixa adequada	30-50	2,5-4,0	20-40

Médias seguidas de letras iguais nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a * 5% de significância respectivamente, e ^{NS} não significativo.

6 CONCLUSÃO

A *Crotalaria Spectabilis* contribuiu em maior rendimento a cultura do feijoeiro de inverno.

Os resultados mostram que *Pennisetum glaucum* resultou em maiores teores concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio, melhorando a fertilidade do solo, em relação aos outros tratamentos.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, R. C. Plantio direto: fundação para uma agricultura sustentável. Lavras: UFLA, 2001.

ALVARENGA, R. C. Plantio direto: fundação para uma agricultura sustentável. Lavras: UFLA, 2001.

ALVES, J. R.; FERREIRA, M. A.; SOUZA, P. R. Tecnologias para a produção sustentável de milho no Brasil. Revista Brasileira de Agricultura, v. 29, n. 3, p. 345-356, 2021.

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F. BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo e eficiência da adubação nitrogenada no milho, sob plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, n. 3, p. 14-16, 2002.

ANTÔNIO DE GOIÁS, S. et al. Documentos 191 Atributos físico-hídricos do solo sob plantio direto. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/atributos_fisicos_hidricos_do_solo_sob_plantio_direto.pdf>.

AQUINO, A. M.; et al. Sistemas agrícolas sustentáveis: sucessão de culturas e rotação no Cerrado. Revista Brasileira de Ciência Agrícola, v. 45, n. 2, p. 112-119, 2020.

AQUINO, A. M.; et al. Sistemas agrícolas sustentáveis: sucessão de culturas e rotação no Cerrado. Revista Brasileira de Ciência Agrícola, v. 45, n. 2, p. 112-119, 2020.

ARF, O.; SILVA, P. R. F.; Lopes, A. S. Efeito de diferentes culturas de cobertura na produção de grãos de feijão. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 2, n. 1, p. 45-50, 2008. DOI: 10.7127/rbai.v2n1.98.

BRASIL. Cartilha adubos verdes para agricultores. Ministério da Agricultura e Pecuária, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br>. Acesso em: 21 nov. 2024.

CARDOSO, L. M.; LIMA, S. A.; MENDES, F. S. Plantio direto e seus benefícios na agricultura brasileira. **Agricultura Sustentável**, v. 14, n. 2, p. 134-145, 2021.

CARNEIRO, M. A. C., et al. (2020). Atributos físicos do solo e produtividade de milho sob diferentes plantas de cobertura no Cerrado brasileiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 44, e0200121. DOI: 10.36783/18069657rbc20200121.

CARVALHO, M. A.; et al. Importância das leguminosas na sucessão de culturas para fixação de nitrogênio. *Agricultura Sustentável*, v. 31, n. 3, p. 145-153, 2019.

CAVALCANTI, José A. et al. Cultura do feijão: aspectos econômicos e sociais. *Revista Brasileira de Agricultura*, v. 23, n. 3, p. 123-134, 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2023/2024. Brasília: CONAB, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 04 out. 2024.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Relatório de Produção Agrícola. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 10 jul. 2024.

COSTA, P. R.; MORAES, J. S.; FERREIRA, A. L. Sucessão de culturas e seus impactos na fertilidade do solo. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 16, n. 3, p. 45-58, 2021.

DERPSCH, R. et al. *History, adoption, and worldwide spread of conservation agriculture. International Soil and Water Conservation Research*, v. 2, n. 1, p. 3-21, 2014.

EMBRAPA. *Adubação Verde: Prática para Conservação e Fertilização do Solo*. Brasília: EMBRAPA, 2016.

EMBRAPA. *Adubação Verde: Prática para Conservação e Fertilização do Solo*. Brasília: EMBRAPA, 2016.

EMBRAPA. *Sistema de Plantio Direto – Guia Técnico*. Brasília: EMBRAPA, 2006.

EMBRAPA. *Sistema Plantio Direto: práticas agrícolas conservacionistas*. Brasília: EMBRAPA, 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Sistema de Plantio Direto: manejo e resultados*. Brasília: EMBRAPA, 2022.

FAGERIA, N. K. *Manejo da fertilidade do solo para adubação verde*. Guaíba: Agropecuária, 2005.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. *Produção de grãos em sistema plantio direto*. Guaíba: Agropecuária, 2004.

FEBRAPDP. *Sistema Plantio Direto: Caminho para Agricultura Regenerativa*. Disponível em: <https://www.plantiodireto.org.br>. Acesso em: 4 out. 2024.

FERNANDES, D. Plantação de feijão: saiba como cultivar. Disponível em: <<https://nutricaodesafras.com.br/plantacao-de-feijao>>.

FERREIRA, R. C.; GOMES, H. M. Sustentabilidade na produção de feijoeiro comum: um estudo de caso. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 1, p. 78-89, 2019.

FIORENTIN, L.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, A. Efeito da cobertura do solo com *Urochloa ruziziensis* na produtividade do feijão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 4, p. 1461-1470, 2011. DOI: 10.1590/S0100-06832011000400028.

HOBBS, P. R.; SAYRE, K.; GUPTA, R. *The role of conservation agriculture in sustainable agriculture*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 363, n. 1491, p. 543-555, 2008.

LIMA, R. S.; et al. Sucessão e rotação de culturas no manejo sustentável do solo. *Revista de Agricultura Tropical*, v. 12, n. 1, p. 90-100, 2021.

LIMA, R. S.; et al. Sucessão e rotação de culturas no manejo sustentável do solo. *Revista de Agricultura Tropical*, v. 12, n. 1, p. 90-100, 2021.

LIMA, T. R. et al. Sucessão de culturas e manejo sustentável: conservação da água e redução da erosão. *Revista de Agroecologia e Sustentabilidade*, v. 20, n. 2, p. 101-112, 2023.

MINGOTTE, F. L.; GALLO, P. B.; SANTOS, P. R. Avaliação do cultivo do feijão sobre coberturas vegetais de milho e *Urochloa ruziziensis*. *Agronomia, Ciência e Tecnologia*, v. 11, n. 2, p. 99-107, 2014. DOI: 10.1007/s00170-014-5666-9.

OLIVEIRA, M. F.; PEREIRA, S. G. Consumo de milho e feijoeiro comum na dieta brasileira. **Revista de Nutrição e Alimentos**, v. 18, n. 1, p. 67-79, 2021.

OLIVEIRA, P. F.; COSTA, C. R. *Sistemas de produção sustentável no Brasil*. São Paulo: EdUSP, 2010.

OLIVEIRA, P. F.; VEIGA FILHO, A. A. *O sistema de plantio direto no Brasil*. Campinas: IAC, 2002.

PACHECO, L. P. et al. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, p. 17–25, 1 jan. 2011.

PACHECO, L. P., et al. (2017). Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura no Cerrado brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21(10), 679-684. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v21n10p679-684.

RAPASSI, R. M. A. et al. Desempenho de sistemas de manejo de solo na cultura do milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, n. 2, p. 332-337, 2003.

REICOSKY, D. C. et al. Tillage-induced CO₂ loss across an eroded landscape. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 52, n. 6, p. 320-325, 1997.

RIBEIRO, Ana L.; MOURA, Tiago S. Manejo do feijão: uma abordagem sobre ciclos de cultivo e tecnologias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGRICULTURA, 12., 2021, São Paulo. Anais... São Paulo: Embrapa, 2021. p. 87-95.

ROCHA, E. A.; SILVA, F. R.; MORAES, D. S. Benefícios do sistema de plantio direto na produção agrícola. **Revista de Agricultura Sustentável**, v. 13, n. 2, p. 112-124, 2020.

REVISTA CAMPO & NEGÓCIOS. Adubação verde: ciclagem de nutrientes e eliminação de nematoides. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br>. Acesso em: 21 nov. 2024.

SANTOS, J. P.; LIMA, R. A. Nutrição e saúde: a importância do feijão e do milho na alimentação. **Jornal de Nutrição e Saúde**, v. 7, n. 3, p. 45-58, 2019.

SANTOS, L. H.; OLIVEIRA, F. P. Efeitos do manejo de sucessão de culturas no controle biológico de pragas. *Journal of Sustainable Agriculture*, v. 19, n. 4, p. 122-134, 2022.

SILVA, A. F.; LOPES, M. F. Manejo sustentável de solos agrícolas: sucessão de milho e feijão. *Agricultura Sustentável*, v. 12, n. 2, p. 123-135, 2020.

SILVA, Carlos M.; SANTOS, Paulo R. A importância da simbiose em leguminosas para a qualidade do solo. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 42, n. 5, p. 456-465, 2018.

SILVA, J. F.; et al. Adubação Verde: Benefícios para a Agricultura Sustentável. *Revista Brasileira de Agricultura*, v. 47, n. 3, p. 123-130, 2012.

SILVA, J. F.; et al. Cobertura do Solo e suas Funções no Sistema Agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 1-10, 2011. Sistema Plantio Direto - Portal Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto>>.

SIX, J. et al. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils – effects of no-tillage. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 92, p. 105-123, 2002.

SOUZA, D. A.; et al. Práticas de sucessão de culturas e seus impactos na produtividade agrícola. *Revista Agropecuária Moderna*, v. 16, n. 4, p. 57-64, 2020.

SOUZA, D. R.; ALMEIDA, V. B. Sucessão de culturas no Brasil: uma análise de resultados econômicos e ambientais. *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 15, n. 1, p. 89-102, 2019.

SOUZA, L. M.; ALMEIDA, F. G. Diversificação agrícola e sustentabilidade: uma análise da sucessão de culturas. *Revista de Agroecologia*, v. 8, n. 2, p. 22-35, 2019.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Produção de grãos com sistema plantio direto em solos de cerrado. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2000.

TEIXEIRA, M. B.; et al. Adubação Verde: Estratégias para Agricultura Sustentável. *Revista Brasileira de Agricultura Sustentável*, v. 5, n. 2, p. 123-130, 2005.

TEODORO, R. B. et al. Plantas de cobertura no semiárido brasileiro: Efeitos sobre a ciclagem de nutrientes e a produção de matéria seca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 53, n. 9, p. 1099-1107, 2018. DOI: 10.1590/S0100-204X2018000900007.

TORRES, R. A.; SILVA, G. G.; CORDEIRO, L. A. Produtividade de grãos de feijão em sucessão com milho e plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Agricultura*, v. 8, n. 2, p. 121-126, 2014. DOI: 10.18539/rba.v8n2.486.

WUTKE, E. A.; et al. Adubação de feijão em solo arenoso: recomendações e resultados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 46, n. 3, p. 1-12, 2022. DOI: 10.36725/rbcs.v46n3.123456.

APÊNDICES

<p>Figura 3</p>	<p>Figura 4</p>	<p>Figura 5</p>
<p>Figura 6</p>	<p>Figura 7</p>	<p>Figura 8</p>
<p>Figura 9</p>	<p>Figura 10</p>	<p>Figura 11</p>

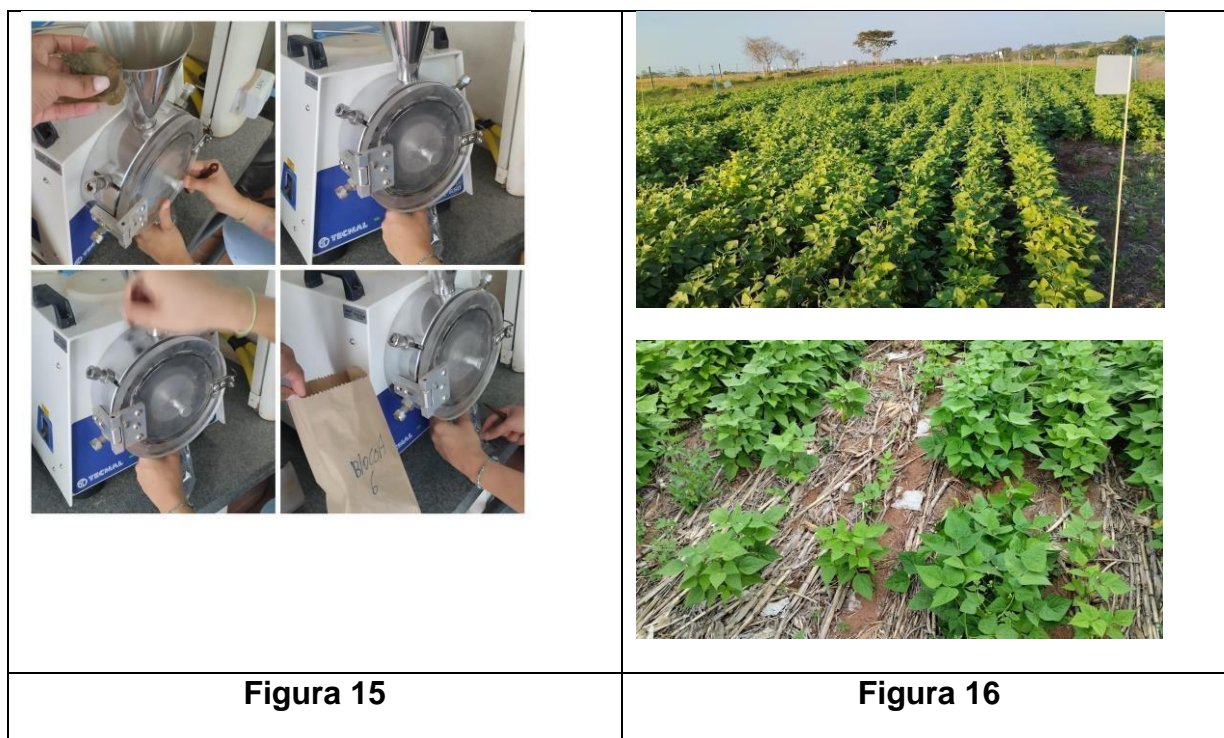
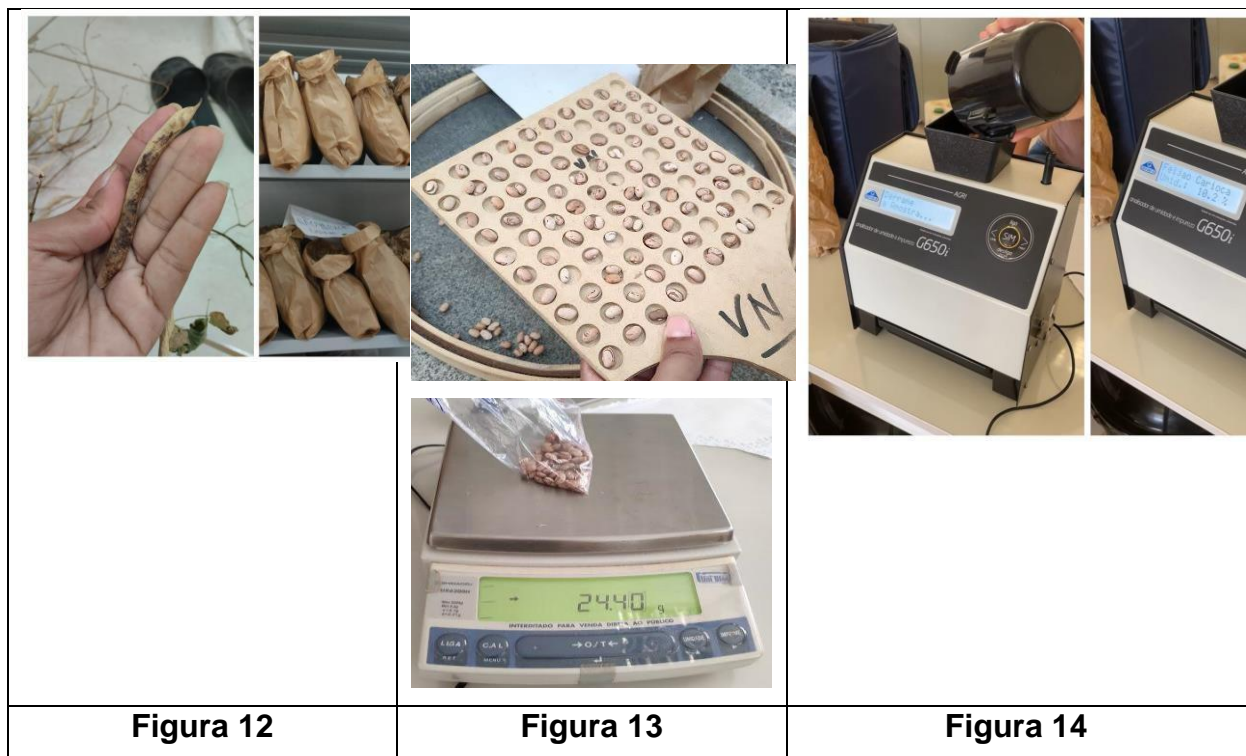


Figura 3 - Tratamento de sementes com o produto CropStar ,**Figura 4** - Semeadura do feijão com a semeadora adubadora; **Figura 5** - População inicial de plantas; **Figura 6** - Adubação de cobertura 24 dias apos o plantio; **Figura 7 e 8** -Colheita; **Figura 9** - Avaliação de população final e trilha; **Figura 10** – Massa seca da planta inteira; **Figura 11**

- Teor de clorofila e coleta dos trifólios para secagem na estufa .**Figura 12** - Contagem de vagens ; **Figura 13** - Contagem dos cem grãos e pesagem ; **Figura 14** - Umidade de grãos; **Figura 15** - Moagem dos trifólios ; **Figura 16** - Plantas de feijão durante o experimento