

INSTITUTO DE SERVIÇOS EDUCACIONAIS VALE DO PARANAPANEMA

LTDA

FACULDADES INTEGRADAS DE TAGUAÍ

CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

**ROTAÇÃO DE CULTURA COM O USO DE ADUBAÇÃO VERDE NO
PLANTIO DE MILHO: UMA POSSÍVEL ALTERNATIVA PARA
AUMENTO DE PRODUÇÃO E DIMUIÇÃO DOS CUSTOS COM
ADUBAÇÃO MINERAL**

RAFAEL GARBELOTI SOLDERA RODRIGUES DA SILVA

TAGUAÍ- SP

2024

RAFAEL GARBELOTI SOLDERA RODRIGUES DA SILVA

**ROTAÇÃO DE CULTURA COM O USO DE ADUBAÇÃO VERDE NO
PLANTIO DE MILHO: UMA POSSÍVEL ALTERNATIVA PARA
AUMENTO DE PRODUÇÃO E DIMUIÇÃO DOS CUSTOS COM
ADUBAÇÃO MINERAL**

Projeto de Pesquisa apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica da Faculdades Integradas de Taguaí, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharelado em Engenharia Agrônômica.

Orientador (a): Profa. Dra. Viviane Maria Codognoto

Professor Responsável pela disciplina: Profa. Dra. Viviane Maria Codognoto

TAGUAÍ- SP

2024

Nome do autor: Rafael Garbeloti Soldera Rodrigues da Silva

Título: ROTAÇÃO DE CULTURA COM O USO DE ADUBAÇÃO VERDE NO PLANTIO DE MILHO: UMA POSSIVEL ALTERNATIVA PARA AUMENTO DE PRODUÇÃO E DIMINUIÇÃO DOS CUSTOS COM ADUBAÇÃO MINERAL

Profa. Dra Viviane Maria Codognoto

Presidente e Orientador

Professora da Faculdades Integradas de Taguaí – FIT, Taguaí/SP

Prof. Dr. José Guilherme Lança Rodrigues

Membro titular

Professor da Faculdades Integradas de Taguaí – FIT, Taguaí/SP

Me. Zimbábwe Osório Santos

Membro titular

Departamento de Ciência Animal, Universidade de Purdue, Indiana, Estados Unidos

Data da Defesa, 16 de dezembro de 2024.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus familiares, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando durante este ciclo, pela paciência em cada passo dessa jornada. A todos aqueles que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho. Sou grato por cada gesto, palavra e cada ajuda oferecida, foi essencial para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus ao Nosso Pai Criador e a Nossa Senhora Aparecida, pois eles nunca me abandonaram nos momentos de necessidade e durante todo o projeto de pesquisa.

Agradeço a todos os meus familiares e familiares da minha namorada que sempre estiveram ao meu lado me incentivando, apoiando e dando forças para que conseguisse os meus objetivos.

A minha orientadora, Profa. Dra. Viviane Maria Codognoto que me ajudou, acreditou em minha pesquisa, que me manteve focado e no caminho certo para a conclusão deste trabalho.

Aos professores que tive durante todos estes anos de graduação, em especial aos Professores: Viviane, José Guilherme e Leandro! Muito obrigado pelo incentivo, atenção e dedicação!

Aos meus amigos que fiz durante toda essa caminhada, agradeço de maneira especial aos amigos que ganhei de presente para a vida, no qual compartilhamos nossos medos e angustias e também alegrias durante esses cinco anos: Antônio Cezar Bergamo e Luis Felipe de Oliveira. Os quais também me ajudaram com esta pesquisa!

Agradeço também a instituição FIT, e por fim a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho!

ROTAÇÃO DE CULTURA COM O USO DE ADUBAÇÃO VERDE NO PLANTIO DE MILHO: UMA POSSÍVEL ALTERNATIVA PARA AUMENTO DE PRODUÇÃO E DIMUIÇÃO DOS CUSTOS COM ADUBAÇÃO MINERAL.

RAFAEL GARBELOTI SOLDERA RODRIGUES DA SILVA

RESUMO

A incessante busca por medidas mitigadoras, visando a redução dos impactos ambientais e aprimoramento da qualidade do solo e das lavouras, está cada vez mais em evidência. Visando encontrar alternativas que minimizem os custos associados à adubação mineral, considerados um dos aspectos mais dispendiosos da produção, o presente estudo objetivou avaliar o desempenho produtivo da adubação verde com a utilização de *Crotalária Spectabilis* visando sua aplicação na rotação de culturas junto ao milho e avaliar seu impacto na melhoria das características físicas e químicas do solo. O delineamento experimental utilizado foi DBC, com 4 tratamentos (Testemunha, Mineral 100%, *Crotalária Spectabilis* + Mineral 50% e apenas *Crotalária Spectabilis*), quatro blocos sendo a cultura utilizada no sistema o milho. As variáveis avaliadas foram: altura total e da inserção da espiga, diâmetro do colmo e espiga, tamanho e número de fileiras da espiga, produtividade e seus custos. Para verificar efeito da adubação foi realizado a ANOVA, e as médias comparadas por Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados obtidos no presente estudo demonstraram maiores valores das variáveis analisadas para o grupo Mineral 100%, seguido de Mineral 50% + *Crotalária*, *Crotalária* e Testemunha, demonstrando que a adubação mineral ainda é responsável por maiores índices na produtividade do milho. Contudo, a adubação verde associada com a adubação mineral traz resultados que se aproximam da adubação 100% mineral, tornando-se uma alternativa para a diminuição dos custos de produção, além dos inúmeros benefícios oferecidos pela *Crotalária Spectabilis*, que tem a capacidade de atuar na fixação de nitrogênio, melhorar a qualidade do solo devido a deposição de matéria orgânica que aumenta a absorção de água e também de nutrientes, visto a suas raízes profundas, além de atuar contra os nematoides presentes no solo.

Palavras-chave: *Crotalária Spectabilis*, Rotação de cultura, Fixação de nitrogênio, *Zea mays*.

**CROP ROTATION WITH THE USE OF GREEN MANURE IN CORN
PLANTING: A POSSIBLE ALTERNATIVE FOR INCREASING PRODUCTION
AND REDUCING COSTS WITH MINERAL FERTILIZATION.**

RAFAEL GARBELOTI SOLDERA RODRIGUES DA SILVA

ABSTRACT

The constant search for mitigating measures to reduce environmental impacts and improve soil and crop quality is increasingly evident. To find alternatives that minimize the costs associated with mineral fertilization, considered one of the most expensive aspects of production, this study aimed to evaluate the productive performance of green manure using *Crotalaria Spectabilis* for its application in crop rotation with corn and to evaluate its impact on improving the physical and chemical characteristics of the soil. The experimental design used was DBC, with four treatments (Control, Mineral 100%, *Crotalaria Spectabilis* + Mineral 50%, and only *Crotalaria Spectabilis*), four blocks, with corn as the crop used in the system. The variables evaluated were total height and ear insertion, stem and ear diameter, size and number of ear rows, productivity, and costs. ANOVA was performed to verify the effect of fertilization, and Tukey compared the means at 5% probability. The results obtained in this study demonstrated higher values of the variables analyzed for the 100% Mineral group, followed by 50% Mineral + *Crotalaria Spectabilis*, *Crotalaria Spectabilis*, and Control, demonstrating that mineral fertilization is still responsible for higher rates of corn productivity. However, green manure associated with mineral fertilization brings results that are close to 100% mineral fertilization, becoming an alternative for reducing production costs, in addition to the numerous benefits offered by *Crotalaria Spectabilis*, which can act in nitrogen fixation, improves soil quality due to the deposition of organic matter that increases the absorption of water and nutrients, given its deep roots, in addition to acting against nematodes present in the soil.

Keywords: *Crotalaria Spectabilis*, Crop rotation, Nitrogen fixation, *Zea mays*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
4. CONCLUSÃO.....	16
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a agricultura brasileira vem adotando práticas de manejo que visam melhorar a conservação e proteção do solo, de modo a se ter o mínimo de revolvimento da camada superficial em sistemas que adotam o plantio direto, mantendo a cobertura sobre a superfície e também adicionando matéria orgânica ao solo com a utilização de adubação verde em rotações ou consórcios de culturas (CHERUBIN, 2022).

A adubação verde é uma técnica que se baseia no plantio de determinadas espécies de plantas pertencentes à família das leguminosas, gramíneas, crucíferas ou de cereais, e são utilizadas em sistemas de rotação, sucessão ou consorciação com culturas de interesse, sendo incorporadas ou não ao solo (CALEGARI *et al.*, 1993; ESPÍNDOLA *et al.*, 1997).

Os benefícios alcançados com o uso da adubação verde são vistos nas melhorias dos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo, manutenção da matéria orgânica, além da fixação de nitrogênio e reciclagem de nutrientes, a fim de tornar o solo mais fértil, recuperando solos degradados, melhorando os índices de produção de solos pobres e conservando solos altamente produtivos (ABRANCHES *et al.*, 2021; ESPÍNDOLA *et al.*, 1997; FRANCHINI *et al.*, 2011; PEIXOTO, 2007).

Deste modo, a utilização de adubação verde pode beneficiar as plantas subsequentes, proporcionando um ambiente ideal para o desenvolvimento das plantas de interesse, ajudando como uma barreira física na fase de germinação, diminuindo a evaporação, perdas de água, temperatura do solo, reduzindo a formação de erosão, diminuindo a incidência de plantas daninhas de pragas e doenças, obtendo assim um melhor rendimento para a cultura de interesse econômico (CARMO, 2023).

O milho (*Zea mays*) está entre os cereais mais produzidos e consumidos no mundo, sendo a produção brasileira para a safra de 2024 estimada em 115,6 milhões de toneladas (CONAB, 2024). Este cereal tem um papel de grande importância tanto na esfera econômica quanto na social, devido às suas múltiplas utilidades na alimentação animal, seja na forma de silagem ou grãos, além de ser uma fonte essencial na dieta humana e matéria-prima vital para indústrias de altas tecnologias (PEREIRA *et al.*, 2018). Contudo, para a produção de milho há uma alta exigência de nutrientes, o que leva a altos custos de produção, sendo um exemplo disso a exigência de nitrogênio que é de 220 kg/ha durante todo o seu ciclo (CANTARELLA *et al.*, 2022).

Uma alternativa que já vem sendo utilizada na produção de milho para diminuição da exigência de nutrientes é a sua produção orgânica, sendo este cereal destaque como

um dos mais produzidos organicamente, o que leva a produção de um milho com maiores teores β -caroteno, menor teor de carboidratos, proteínas, lipídeos e fibras, além de menores custos de produção frente a utilização da adubação mineral (SANTOS; TIVELLI, 2017). A diminuição da utilização de nutrientes gera concomitantemente diminuição dos custos com adubação mineral, sendo um modelo já aplicado no plantio do milho a utilização da adubação verde, que consiste no plantio de leguminosas como a *Crotalaria Spectabilis* (CINTRA *et al.*, 2006; LOPES *et al.*, 2005), uma cultura de ciclo curto que apresenta associação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium*, atuando na fixação de nitrogênio e aproveitamento de nutrientes que estão em profundidade no solo para a superfície, além de atuar no controle de nematoides fazendo com que o produtor consiga reduzir os custos na compra de fertilizantes, ajudando na descompactação do solo através de suas raízes pivotantes (CUNHA *et al.*, 2024; DIEGO *et al.*, 2023; SILVEIRA; RAVA, 2004).

Este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo da adubação verde com a utilização de *Crotalaria Spectabilis*, visando sua aplicação na rotação de culturas junto ao milho, e seu impacto na melhoria das características físicas e químicas do solo e produção deste cereal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Luiz Lourenço Lança, *campus* 2 das Faculdades Integradas de Taguaí (FIT), situado na rodovia SP-249, cujas coordenadas geográficas são: latitude 23°27'13.320" Sul, longitude 49°23'9.888" Oeste e altitude 595 metros (Figura 1). O clima tropical é úmido, a pluviosidade média anual da realização do experimento foi de 1446 mm, temperatura média entre 24 e 26°C, e o solo classificado como Nitossolo Vermelho Escuro.

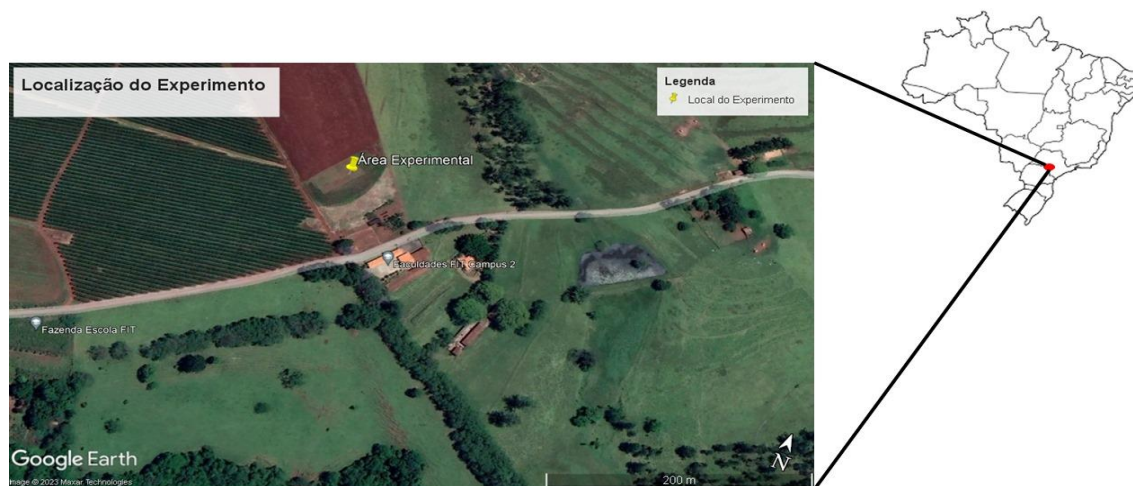


Figura 1: Mapa de localização da área experimental localizada na Fazenda Experimental Luiz Lourenço Lança, Taguaí, São Paulo, Brasil. Fonte: Google Earth.

O delineamento experimental utilizado foi o Delineamento em Bloco Casualizado (DBC) com quatro tratamentos: - Testemunha: onde não foram realizados nenhum tipo de adubação mineral, Adubação Mineral 100%: realizada apenas adubação mineral; - *Crotalaria Spectabilis*: realizado apenas adubação verde; - *Crotalaria Spectabilis* + Adubação Mineral 50%: realizada adubação verde associada a 50% de adubação mineral recomendada para o plantio. O experimente foi dividido em blocos, sendo que cada bloco obteve quatro parcelas de 2 x 5m, que corresponde aos tratamentos, totalizando 16 parcelas. As parcelas que correspondem aos tratamentos com a adubação verde foram semeadas com *Crotalaria Spectabilis* antes do plantio do milho, as demais semeadas apenas no plantio do milho, o cultivar utilizado foi o híbrido Brevant B2688PWU, no qual a taxa de germinação é 98%. Cada parcela foi composta por 5 linhas de milho com espaçamento entre linha de 0,45 m com densidade 3,2 sementes por metro linear, assim obtendo espaçamento de 31,25 cm entre as plantas (Figura 2).

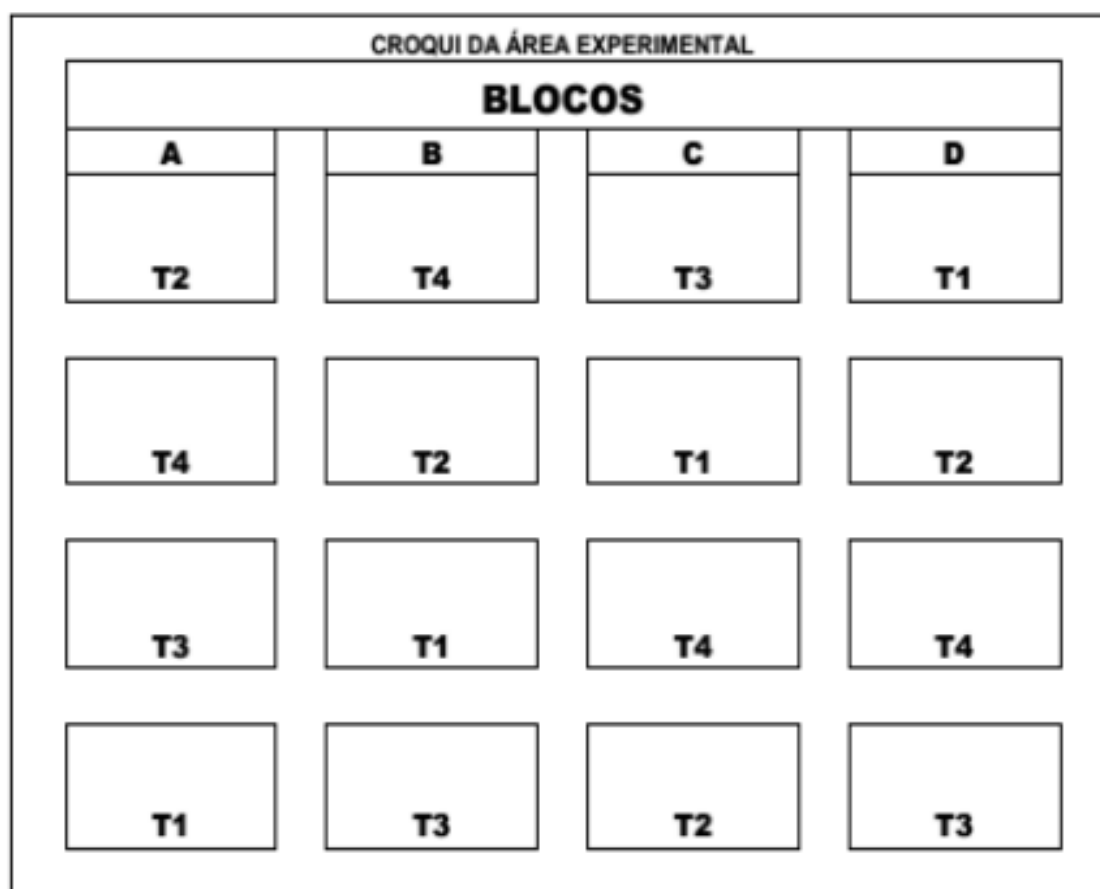


Figura 2. Imagem representativa dos blocos e parcelas de milho com seus respectivos tratamentos (T1 – Testemunha, T2 – Adubação Mineral 100%, T3 – Crotalária e T4 – Crotalária + Adubação Mineral 50%).

Previamente, na área onde foi instalado o experimento foram realizadas, com ajuda de um trado holandês, 2 coletas de solo nas camadas de 0 – 20 cm, uma no início do experimento, após a dessecação da crotalária e outra depois da colheita do milho, com o intuito de verificar a qualidade química e física do solo antes e após a instalação do experimento.

Após as análises do solo foi realizado o preparo do solo utilizando uma grade pesada 18 x 28, após a subsolagem de acordo com a necessidade do solo, subsolador (50 cm) e uma grade niveladora. A correção do solo de acordo com a exigência nutricional da cultura foi realizada com base na análise de solo obtida. A adubação mineral utilizada para o plantio foi NPK 8-28-16 (8 partes de nitrogênio, 28 partes de fósforo e 16 partes de potássio) de acordo com a necessidade da cultura implantada e o plantio realizado com plantadeira Baldan NSH 2500 de 5 linhas.

As quantidades de NPK utilizadas em cada parcela foram:

- Testemunha: nenhuma forma de adubação;
- Somente *Crotalaria Spectabilis* (25 kg/ha) e 266 kg de Ureia/ha;
- Adubação Mineral 100% - 377,5 kg/ha de NPK 8-28-16 e 421 kg de Ureia/ha;
- *Crotalaria* + Adubação Mineral 50% - 188,7 kg/ha de NPK 8-28-16 e 233,1 kg de Ureia/ha e semeado 25 kg/ha de *Crotalaria Spectabilis*.

Adubações de cobertura foram realizadas em duas aplicações com ureia 45% de nitrogênio, sendo a primeira realizada com 30 dias após germinação, e a segunda aplicação de quinze dias após a primeira.

A adubação verde utilizada foi a *Crotalaria Spectabilis*, sendo esta semeada na proporção de 25 kg/ha, antes da semeadura do milho, nossa cultura alvo. As sementes utilizadas foram de cultivares adaptados a região e que estavam disponibilizadas para a compra no momento de instalação do experimento, sendo a *Crotalaria Spectabilis* da Sementes Caiçara e milho Brevant B2688PWU. O mês que foi realizado o plantio da *Crotalaria Spectabilis* foi no final de julho com dessecação no início dezembro até a floração, realizada com herbicida (glifosato potássico), conhecido pelo nome comercial Zapp QI 620 sendo seu tipo de formulação concentrado solúvel (SL) realizado a dosagem de acordo com o fabricante (200 L/ha de calda terrestre) e Aureo, adjuvante de concentrado emulsionável, na proporção de 0,5% (500 mL/200 litros de água), sendo em seguida realizado o plantio do milho no início de dezembro.

No decorrer do experimento foram realizados duas pulverizações com defensivo agrícola cujo nome comercial é Galil® (Imidacloprido 250 g/L e Bifentrina 50 g/L) suspensão concentrada (SC), utilizado para o controle da cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*), na dosagem recomendada pelo fabricante (300 mL p.c/ha para calda terrestre de

200 L/ha), associado ao Aureo como adjuvante de concentrado emulsionável, na proporção de 0,1% do volume de calda, realizado 2 aplicações com intervalo de 7 dias entre elas. Também foi realizado o controle de plantas daninhas nas entre linhas de milho, com glifosato potássico (Zapp QI 620® Concentrado Solúvel), um herbicida seletivo condicional de ação sistêmica, na dosagem indicada pelo fabricante (1,5 L p.c/ha para calda terrestre de 200 L/ha), associado ao adjuvante de concentrado emulsionável, Aureo® na proporção de 0,3% do volume de calda, sendo realizado 2 aplicações, uma antes do plantio do milho para dessecação da área, e outra após plantio junto com Galil®.

Cada parcela foi composta por 5 linhas, no momento das avaliações foram consideradas apenas as três linhas centrais de cada parcela, pois as linhas das laterais recebem mais luz do sol durante o dia podendo influenciar nos resultados e dessa maneira foram descartadas.

No momento de colheita foi avaliado as seguintes variáveis:

a) Altura da planta: para isso foi utilizado uma trena graduada em cm, sendo a altura total representada pela medição desde o nível do solo até o ponto de inserção da folha bandeira;

b) Diâmetro do colmo: a mensuração do diâmetro foi realizada com o auxílio de um paquímetro mecânico de precisão 0,01 mm ao nível do solo;

c) Inserção de espiga: essa medida é corresponde à altura desde a base da planta até o ponto de inserção da primeira espiga, e foi realizada com o auxílio de uma trena graduada em centímetros;

d) Tamanho de espiga: após retirar a casca, com auxílio de uma fita métrica foi medido desde a base até a ponta da espiga;

e) Diâmetro da espiga: após retirada da casca, com o paquímetro foi medido a circunferência da espiga;

f) Número de fileiras: após medido o tamanho e diâmetro da espiga, pode-se quebrar a espiga para contar o número de fileiras;

g) Peso de mil sementes: foi realizada a debulhada das espigas, contabilizadas mil sementes e pesadas em uma balança analítica;

$$\text{Peso de mil sementes (PMS)} = \frac{\text{peso da amostra} \times 1.000}{\text{N}^\circ \text{ total de sementes}}$$

h) Produtividade: após a pesagem das sementes foi calculado a produção por hectare do milho nos diferentes tratamentos.

Após a obtenção dos dados, estes foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade das variâncias, e mediante os resultados atenderem as pressuposições necessárias, foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) para verificação da significância dos tratamentos a 5%. Verificado o efeito significativo na Anova, as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas usando o software estatístico R (R Core Team, 2023).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à altura da planta, os resultados do presente estudo demonstram que a altura diferiu entre os tratamentos ($F_{(3, 15)} = 16.35$, $P = 0.0005$; $CV=3,75\%$), sendo que a média dos grupos Mineral 100% ($\bar{x}=2,09$ m intervalo de confiança_{95%}= 1,97 a 2,21 m), *Crotalaria* ($\bar{x}=2,00$ m; $IC_{95\%}=1,98$ a 2,03 m) e *Crotalaria* + Mineral 50% ($\bar{x}=2,00$ m; $IC_{95\%}=1,94$ a 2,06 m) foram maiores quando comparadas ao grupo Testemunha ($\bar{x}=1,75$ m; $IC_{95\%}=1,57$ a 1,92 m) mas não diferiram entre si. O mesmo foi observado no estudo de Oliveira (2023), onde a altura da planta não teve diferença significativa quando comparada a outros tratamentos com adubação verde (Feijão-guandu, *Crotalaria Spectabilis*, *Crotalaria Achroleuca* e Feijão-de-porco), mas foi maior em relação a testemunha (Figura 3).

Também foi detectado um efeito do tratamento no diâmetro do colmo ($F_{(3, 15)} = 6,99$; $P = 0.0099$; $CV= 5,63\%$), sendo que foi observada um aumento do diâmetro no grupo *Crotalaria* ($\bar{x}=19,5$ mm; $IC_{95\%}=18,6$ a 20,3 mm) quando comparado ao grupo Testemunha ($\bar{x}=16,3$ mm; $IC_{95\%}=14,0$ a 18,6 mm). Com relação ao diâmetro do colmo os grupos Mineral 100% e *Crotalaria* + Mineral 50% formaram um grupo intermediário, não diferindo nem de Testemunha ou de Mineral 100% (Figura 3). O mesmo ocorreu no estudo de Péla *et al.* (2010), onde o diâmetro do colmo foi maior nos tratamentos com *Crotalaria Spectabilis* em comparação a outros adubos verdes (*Crotalaria juncea*, *Braquiária decumbens* e Milheto). Contudo, o diâmetro do colmo foi menor no grupo *Crotalaria Spectabilis* quando comparada a adubação mineral (PELÁ *et al.*, 2010), sendo que em nosso estudo não se teve diferença entre os grupos nos tratamentos com adubação verde e adubação mineral.

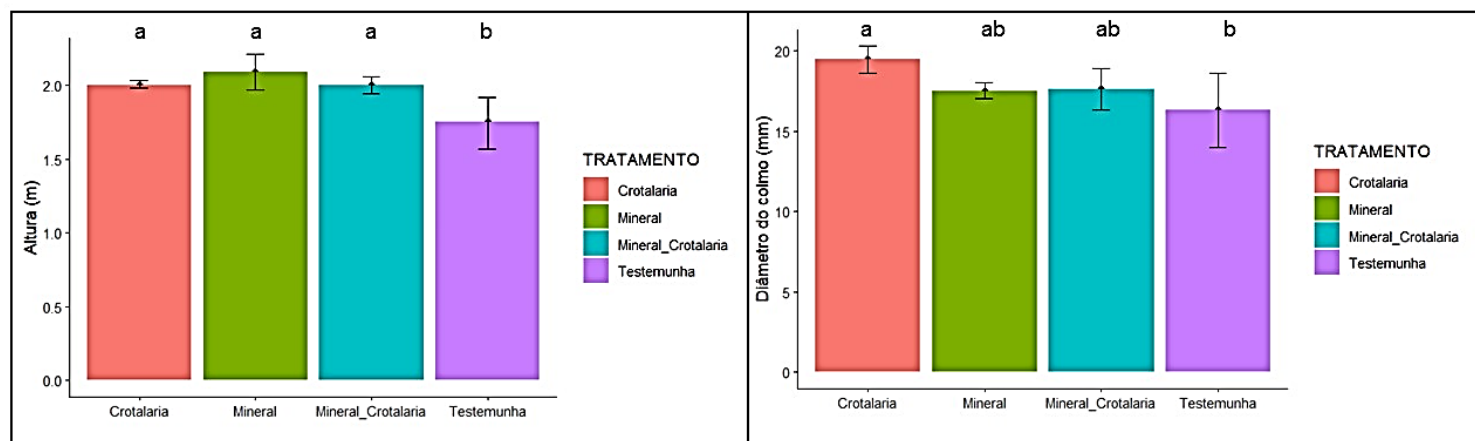


Figura 3. Gráficos representando as diferenças estatísticas de altura da planta e diâmetro do colmo entre os grupos, T1, T2, T3 e T4.

Houve um efeito dos tratamentos na altura inserção da espiga ($F_{(3, 15)} = 4,12$; $P = 0.04$; $CV=7,35\%$), sendo que o grupo Mineral 100% proporcionou uma inserção de espiga mais alta quando comparada a Testemunha ($\bar{x} = 87,0\text{mm}$ $IC_{95\%} = 74,8$ a $99,8$ vs $\bar{x} = 72,5$; $IC_{95\%} = 65,4$ a $79,7$, respectivamente). O tratamento *Crotalaria* sozinha ou combinada ao Mineral 50% não diferiram da testemunha e nem do *Crotalaria* e *Crotalaria* + Mineral 50%. Tais dados corroboram com o trabalho de Florenço *et al.* (2023), onde utilizando somente adubação verde ou adubos verdes + inoculante para o plantio do milho, observou que não houve interferência nos resultados obtidos em comparação com a inserção da espiga principal em seus tratamentos.

O tamanho da espiga também diferiu entre os tratamentos ($F_{(3, 15)} = 28,97$; $P = 0.00005$; $CV = 3,68\%$), sendo que as espigas dos grupos Mineral 100% ($\bar{x} = 141$ mm; $IC_{95\%} = 134$ a 148 mm) e *Crotalaria* + Mineral 50% ($\bar{x} = 137$ mm; $IC_{95\%} = 130$ a 143 mm) não diferiram entre si quanto ao comprimento, mas foram maiores quando comparados aos grupos Testemunha ($\bar{x} = 113$ mm; $IC_{95\%} = 110$ a 116 mm) e *Crotalaria* ($\bar{x} = 123$ mm; $IC_{95\%} = 106$ a 140 mm) (Figura 4). No experimento de Nunes *et al.* (2011) realizado com adubos verdes (ervilhaca, crotalaria e lablabe) obtiveram melhores resultados quanto ao tamanho da espiga no trigo, pois onde se teve um maior número de perfilho por plantas, devido a fixação de nitrogênio ocorrido através das leguminosas, o qual foi aproveitado pelas plantas em sucessão e realizado adubação de cobertura para suprir à quantidade exigida pelo trigo até o final do ciclo.

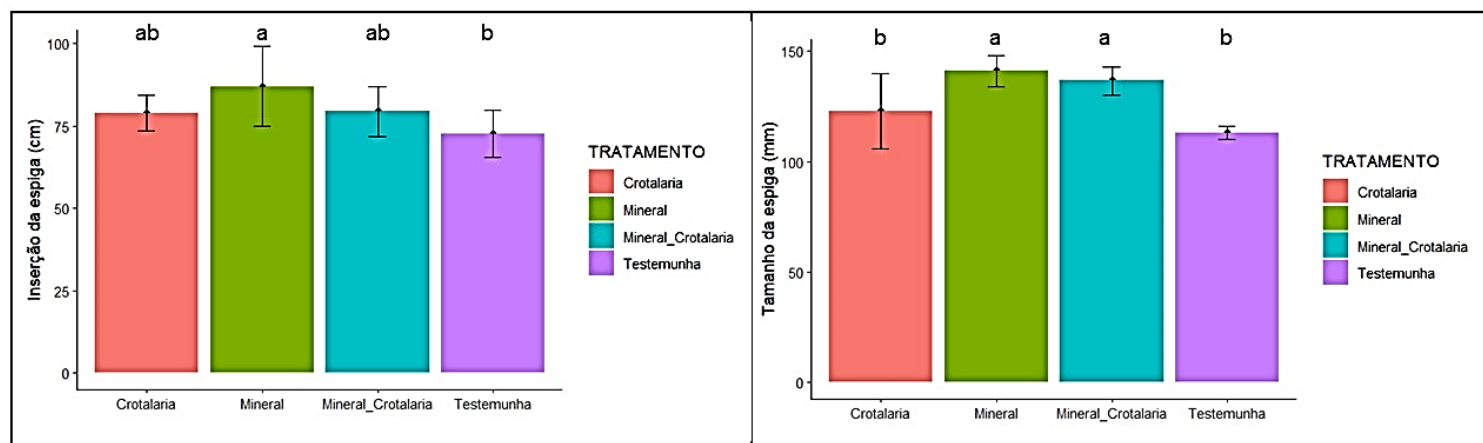


Figura 4. Gráficos representando as diferenças estatísticas da inserção e tamanho da espiga entre os grupos, T1, T2, T3 e T4.

Os tratamentos diferiram quanto ao diâmetro da espiga ($F_{(3, 15)} = 22,34$; $P = 0.0001$; $CV = 2,3\%$). Ambos os tratamentos, Mineral 100% ($\bar{x} = 42,2$ mm; $IC_{95\%} [40,3; 44,1]$) e *Crotalária* + Mineral 50% ($\bar{x} = 40,2$ mm; $IC_{95\%} [38,9; 41,4]$), proporcionaram espigas de maior diâmetro quando comparados aos grupos Testemunha ($\bar{x} = 38,1$ mm; $IC_{95\%} [36,6; 39,6]$) e *Crotalária* ($\bar{x} = 37,4$ mm; $IC_{95\%} [35,6; 39,2]$). Segundo Rodrigues, (2023) em seus resultados o diâmetro da espiga apresentou bons resultados quando comparado ao sistema de plantio, tendo um destaque para a *Crotalária* e *Urochloa Ruziziensis* como cobertura do solo, nos quais ajudam a proporcionar melhores condições para o solo como umidade e temperatura, o qual é essencial para o desenvolvimento da planta.

O número de fileiras também diferiu entre os tratamentos ($F_{(3, 15)} = 7,07$; $P = 0.009$; $CV = 2,6\%$), sendo que as espigas apresentaram maior número de fileiras nos tratamentos Mineral 100% ($\bar{x} = 16,2$ n°; $IC_{95\%} [15,3; 17,1]$) e *Crotalária* + Mineral 50% ($\bar{x} = 16,2$ n°; $IC_{95\%} [15,6; 16,9]$) quando comparados ao grupo *Crotalária* ($\bar{x} = 15,0$ n°; $IC_{95\%} [14,5; 15,6]$). Com relação ao número de fileiras o tratamento Testemunha não dos demais grupos (Figura 5). De acordo com Almeida e Blum (2019) em experimento realizado com adubação verde, obteve-se influência positiva nos tratamentos, no desempenho da cultura do milho, o qual teve um resultado positivo em relação ao número de fileiras, pois é definido na fase vegetativa da planta onde há maior disponibilidade de nutrientes, em especial de nitrogênio.

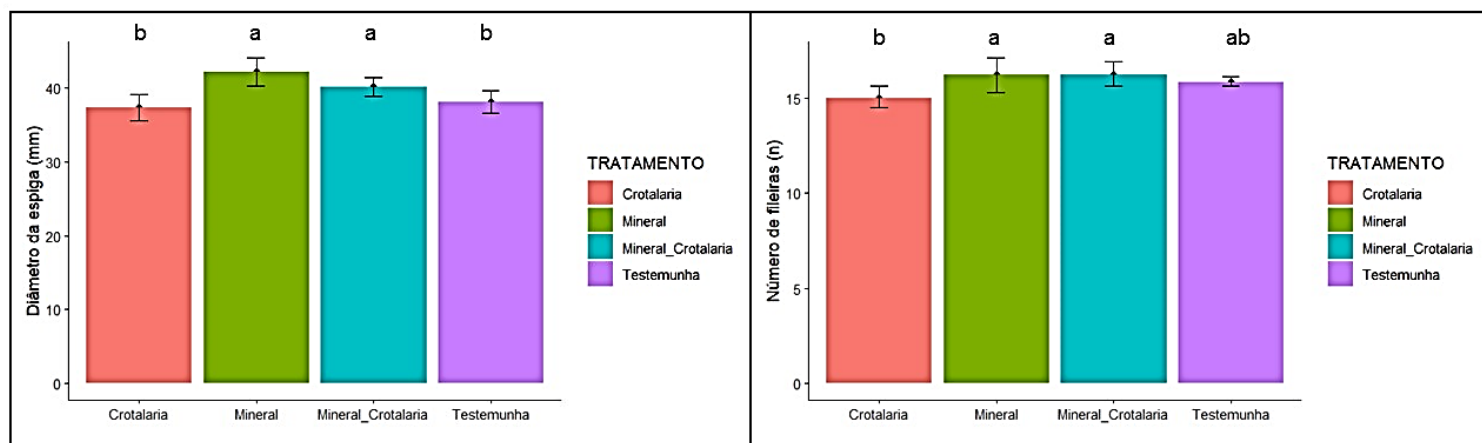


Figura 5. Gráficos representando as diferenças estatísticas no diâmetro da espiga e número de fileiras entre os grupos, T1, T2, T3 e T4.

Os tratamentos afetaram a produtividade do milho ($F_{(3, 15)} = 35,15$; $P = 0.00003$; $CV = 8,74\%$). A produtividade foi maior no grupo Mineral 100% quando comparada aos demais grupos ($\bar{x} = 5870 \text{ kg}^1\text{ha}$; $IC_{95\%} [5200; 6540]$). A produtividade média do tratamento *Crotalaria* + Mineral 50% ($\bar{x} = 4890 \text{ kg}^1\text{ha}$; $IC_{95\%} [4380; 5400]$) foi maior quando comparado aos grupos Testemunha ($\bar{x} = 3430 \text{ kg}^1\text{ha}$; $IC_{95\%} [2950; 3920]$) e *Crotalaria* ($\bar{x} = 3590 \text{ kg}^1\text{ha}$; $IC_{95\%} [2840; 4340]$) (Figura 6). Nos estudos de Coutinho *et al.* (2024) realizados com crotalaria na cana de açúcar, observou-se bons resultados na produtividade da cana, em consórcio ou em rotação com a crotalaria, sendo visível os resultados, além de proporcionar redução de incidência de pragas e doenças no ciclo da cultura de interesse, além de diminuir os custos com fertilizantes.

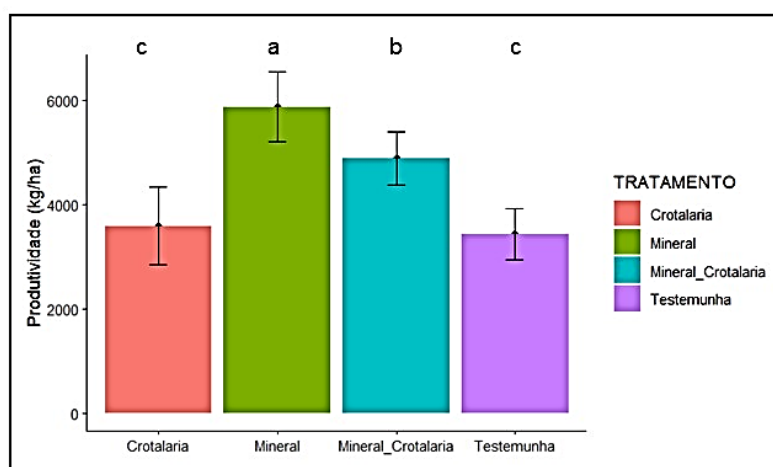


Figura 6. Gráficos representando as diferenças estatísticas da produtividade entre os grupos, T1, T2, T3 e T4.

De acordo com os resultados obtidos, o tratamento que obteve maior produção foi o grupo Mineral 100%, que em contrapartida foi o tratamento com o maior custo de implantação quando comparado aos demais grupos. Já os grupos *Crotalária* + Mineral 50% e *Crotalária* obtiveram resultados menores quanto a produtividade e custos mais baixos, sendo que o grupo Testemunha apresentou menor custo e menor produtividade quando comparado com os demais grupos (Tabela 1).

Tabela 1. Custo de produção do milho por hectare segundo os tratamentos.

CUSTOS DE PRODUÇÃO (ha)				
	Testemunha	Mineral 100%	Crotalária	Crotalária + Mineral 50%
Adubo para plantio (8-28-16)	R\$ 0,00	R\$ 906,00	R\$ 0,00	R\$ 453,00
Uréia	R\$ 0,00	R\$ 1.010,40	R\$ 638,40	R\$ 559,44
Grade Rome	R\$ 182,95	R\$ 182,95	R\$ 182,95	R\$ 182,95
Subsolador	R\$ 170,41	R\$ 170,41	R\$ 170,41	R\$ 170,41
Niveladora	R\$ 121,97	R\$ 121,97	R\$ 121,97	R\$ 121,97
Plantadeira	R\$ 258,18	R\$ 258,18	R\$ 258,18	R\$ 258,18
Semente	R\$ 1.135,91	R\$ 1.135,91	R\$ 1.135,91	R\$ 1.135,91
Trator + Pulverizador	R\$ 0,00	R\$ 220,56	R\$ 220,56	R\$ 220,56
Trator + Adubadeira	R\$ 0,00	R\$ 88,52	R\$ 88,52	R\$ 88,52
Defensivo	R\$ 0,00	R\$ 99,00	R\$ 99,00	R\$ 99,00
Glifosato	R\$ 0,00	R\$ 70,50	R\$ 70,50	R\$ 70,50
Aureo	R\$ 0,00	R\$ 39,00	R\$ 39,00	R\$ 39,00
Crotalária	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 500,00	R\$ 500,00
TOTAL CUSTO/ha	R\$ 1.869,42	R\$ 4.303,40	R\$ 3.525,40	R\$ 3.899,44

Silva *et al.* (2020) também obteve melhores resultados na produção de milho com adubação mineral quando comparado com a adubação verde (*Crotalária juncea*), sendo esta a que mais se aproximou na produtividade. Contudo, foi observado que os grãos de milho cultivados em áreas de adubação verde obtiveram maiores concentrações de lipídios, proteínas e valor energético apresentando uma melhor qualidade dos grãos, e foi possível detectar uma maior concentração de umidade no solo neste grupo (SILVA *et al.*, 2020).

Segundo Reinholez (2023) as crotalárias trazem vários benefícios ao solo como na estrutura e fertilidade do solo, por conseguirem fixar o nitrogênio do ar, o qual é o mais abundante na atmosfera, cerca de 78%, conseguindo assim diminuir custos com

adubação mineral, onde o agricultor mais investe, podendo também ajudar no controle de pragas e doenças no ciclo da cultura de interesse. Na visão de Adrade *et al.* (2021) a adubação verde favorece em vários aspectos no solo, como o aumento da matéria orgânica no solo, tendo maior agregação do solo tornando mais poroso, permitindo uma maior infiltração de água, a palhada se torna uma proteção do solo, onde se tem mais umidade e proteção de altas temperaturas, diminuindo o aparecimento de plantas daninhas e melhorando vários aspectos químicos e físicos do solo.

Segundo Couto Neto, (2019) a *Crotalaria Spectabilis* tem a capacidade de diminuir a população de nematoides presentes no solo, o qual vem causando grandes prejuízos na produtividade de várias culturas e aumentando dia a dia, além de ajudar no controle de nematoides pode trazer vários benefícios ao solo e a cultura de interesse, capitando nitrogênio do ar, capitar nutrientes em profundidade no solo trazendo para a superfície, suas raízes são pivotantes, onde conseguem descompactar o solo e proporcionar melhores condições para próxima cultura.

4. CONCLUSÃO

Nosso estudo demonstrou que a adubação mineral ainda é responsável por maiores índices na produtividade do milho. Contudo, a adubação verde associada com a adubação mineral traz resultados que se aproximam da adubação 100% mineral, tornando-se uma alternativa para a diminuição dos custos de produção, além dos inúmeros benefícios oferecidos pela *Crotalaria Spectabilis*, que tem a capacidade de atuar na fixação de nitrogênio, melhorar a qualidade do solo devido a deposição de matéria orgânica que aumenta a absorção de água e também de nutrientes, visto a suas raízes profundas, além de atuar contra os nematoides presentes no solo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRANCHES, M. de O.; SILVA, G. A. M. da; SANTOS, L. C. dos; PEREIRA, L. F.; FREITAS, G. B. de. Contribuição da adubação verde nas características químicas, físicas e biológicas do solo e sua influência na nutrição de hortaliças. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 7, p. e7410716351, 2021.
- ALMEIDA, M. de S.; BLUM, S. C. PRODUTIVIDADE DO MILHO SOB EFEITO RESIDUAL DE ADUBAÇÃO VERDE. **a Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro Brasileira – Unilab**, [s. l.], p. 1–12, 2019.
- ANDRADE, V. D.; FILHO, W. C. V.; PERES, M. de S.; PONCIANO, V. de F. G.;

- CRUZ, S. J. S.; PONCIANO, I. de M. Retenção De Água No Solo No Feijão-Comum Em Sucessão De Difentes Adubos Verdes / Water Retention in the Soil in the Common Bean in Succession of Different Green Fertilizers. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 933–942, 2021.
- CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULIZANI, E. A.; COSTA, M. B. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. ASPECTOS GERAIS DE ADUBAÇÃO VERDE. In: ADUBAÇÃO VERDE NO SUL DO BRASIL COSTA, M. B. B. (ORG.). [S. l.: s. n.], 1993. p. 1–55.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR, D.; BOARETTO, R. M.; VAN RAIJ, B. **BOLETIM 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. [S. l.: s. n.], 2022. 2022.
- CARMO, E. V. B. DO. USO DE PLANTAS DE COBERTURA NA PRODUTIVIDADE DO MILHO NO BREJO PARAIBANO. **UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**, [s. l.], p. 1–42, 2023.
- CHERUBIN, M. R. **Guia prático de plantas de cobertura: aspectos fitotécnicos e impactos sobre a saúde do solo**. [S. l.: s. n.], 2022. 2022.
- CINTRA, F. L. D.; IVO, W. M. P. de M.; SILVA, L. V. da; LEAL, M. de L. da S. Distribuição das Raízes de Cana-de-Açúcar em Sistemas de Cultivo com Adubação Orgânica e. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, n12, [s. l.], p. 22, 2006.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. [s. l.], 2024.
- COUTINHO, VINICIUS VIEIRA; CRUZ, C. C. B. da; VIGOLO, N.; SOUZA, J. V. V. de; ZANIN, C. E. C. T.; RUPPIN, S. M. C.; LOPES, F. V. USO DE Crotalaria juncea EM ÁREAS CULTIVADAS COM CANA DE AÇÚCAR. **RECIMA21 -REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR**, [s. l.], v. 5, n. 5, p. 1–22, 2024.
- COUTO NETO, S. N. USO DE CROTALÁRIA (C. spectabilis e C. ochroleuca) E MILHETO PARA O CONTROLE DE FITONEMATÓIDES. [s. l.], p. 1–47, 2019.
- CUNHA, W. S.; LIMA, H. N.; BRITO, W. B. M.; SILVA, F. S. da; COSTA, M. R. da; SANTOS, E. E. R. dos; SILVA, H. S. da; SILVA, J. M. S. da. Adubação verde com Crotalaria breviflora e mucuna nivea na recuperação de solos arenosos degradados por mineração de areia. **Observatório De La Economía Latinoamericana**, [s. l.], v. 22, n. 4, p. e4408, 2024.
- DIEGO, S. M.; NUNES, J. S.; MATOS, C. C. CRESCIMENTO DE LEGUMINOSAS EM CONVIVÊNCIA COM PLANTAS DANINHAS. **RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 117–130, 2023.

- ESPÍNDOLA, J.A.A; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. ADUBAÇÃO VERDE: ESTRATÉGIA PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL. [s. l.], 1997.
- FLORENÇO, A. S.; SILVA, A. V.; PAULA, A. V.; MIRANDA, T.F.D.; FRANCO, M. E. A.; SILVA, H. B. PRODUTIVIDADE DO MILHO EM CONSÓRCIO COM *Crotalaria spectabilis* E/OU INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense*. **15ª JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IFSULDEMINAS**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 1–4, 2023.
- FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M. da; DEBIASI, H.; TORRES, E. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. [s. l.], p. 52, 2011.
- LOPES, H. M.; QUEIROZ, O.A. DE; MOREIRA, L. B. CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E QUALIDADE DE SEMENTES DE CROTALÁRIA (*Crotalaria juncea* L.) NA MATURAÇÃO. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida, Seropédica**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 24–30, 2005.
- NUNES, A. da S.; SOUZA, L. C. F. de; MERCANTE, F. M. Adubos verdes e adubação mineral nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em plantio direto. **Solos e Nutrição de Plantas, Bragantia, Campinas**, [s. l.], v. 70, n. 2, p. 432–438, 2011.
- OLIVEIRA, A. C. RENDIMENTO DO FEIJOEIRO CULTIVADO SOB DIFERENTES PALHADAS DE ADUBOS VERDES. **UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS**, [s. l.], 2023.
- PEIXOTO, M. G. L. Germinação e vigor de sementes e desenvolvimento pós-seminal de. *In*: 2007, [s. l.], . **Anais [...]**. [S. l.: s. n.], 2007.
- PELÁ, A.; SANTANA, J. da S.; MORAES, E. R. de; PELÁ, G. de M. PLANTAS DE COBERTURA E ADUBAÇÃO COM NPK PARA MILHO EM PLANTIO DIRETO. **Scientia Agraria**, [s. l.], v. 11, n. 5, p. 371–377, 2010.
- PEREIRA, C. S.; GIESE, E.; FIORINI, I. V. A.; LANGE, A. Épocas De Semeadura De Milho Na Região Norte De Mato Grosso. **Nativa**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 241–245, 2018.
- REINHOLEZ, L. C. B. CARTILHA VERDE: CONTRIBUIÇÃO PARA USO DE ADUBAÇÃO VERDE POR AGRICULTORES FAMILIARES. **Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro- Brasileira – UNILAB.**, [s. l.], 2023.
- RODRIGUES, F. E. B. IMPACTOS DO SISTEMA DE CULTIVO MÍNIMO NA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE MILHO FRENTE AO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO. **UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**, [s. l.], 2023.
- SANTOS, N. C. B. dos; TIVELLI, S. W. **Como produzir milho orgânico?** [S. l.: s. n.], 2017. 2017.

SILVA, A. S. da; OLIVEIRA, M. de; MOURA, M. F. de; SILVA, S. P. da. Efeito da Adubação Verde na Qualidade Nutricional do Milho(*Zea mays* L.). **Revista GEAMA – Ciências Ambientais e Biotecnologi**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 31–37, 2020.

SILVEIRA, P. M.; RAVA, C. A. Utilização de Crotalária no Controle de Nematóides da Raiz do Feijoeiro. [s. l.], p. 1–2, 2004.