



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO –
CAMPUS GUANAMBI**

THAMIRIS CARVALHO SILVA

**VARIABILIDADE DO ÍNDICE NDVI E PRODUTIVIDADE DO
FEIJÃO-CAUPI SOB EFEITO DA INOCULAÇÃO E DA
ADUBAÇÃO NITROGENADA.**

**GUANAMBI – BA
2024**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO –
CAMPUS GUANAMBI**

THAMIRIS CARVALHO SILVA

**VARIABILIDADE DO ÍNDICE NDVI E PRODUTIVIDADE DO
FEIJÃO-CAUPI SOB EFEITO DA INOCULAÇÃO E DA
ADUBAÇÃO NITROGENADA.**

Monografia apresentada ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia Baiano –
Campus Guanambi como parte dos requisitos
necessários para obtenção do Grau de Bacharel
em Engenharia Agrônoma.

Prof. Dr. Leandro Gonçalves dos
Santos
Orientador(a)

**GUANAMBI – BA
2024**

Catálogo: Leidiane Reis - CRB-5/1959
IF Baiano, Campus Guanambi

S586v Silva, Thamiris Carvalho

Variabilidade do índice NDVI e produtividade do Feijão-
Caupi sob efeito da inoculação e da adubação nitrogenada. /
Thamiris Carvalho Silva.-- Guanambi, Ba., 2024.
34f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação - Engenharia
Agrônoma) - Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Baiano - Campus Guanambi.
Orientador (a): Leandro Gonçalves dos Santos.

1. Feijão-caupi. 2. Produtividade. 3. Adubação.
I. Título.

CDU: 633.1



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano
Campus Guanambi

Declaração 486/2024 - GBI-CGE/GBI-DDE/GBI-DG/RET/IFBAIANO

THAMIRIS CARVALHO SILVA

**Variabilidade do índice NDVI e produtividade do feijão-caupi sob efeito
da inoculação e da adubação nitrogenada**

Monografia apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Agrônoma.

APROVADA em 02 de agosto de 2024.

Dr. Leandro Gonçalves dos Santos
(Presidente da Banca - Orientador)
IF Baiano

DSc. Felizarda Viana Bebé
Membro Interna - IF Baiano

DSc. Joice Andrade Bonfim
Membro Interna - IF Baiano

Documento assinado eletronicamente por:

- **Joice Andrade Bonfim, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 13/08/2024 14:29:57.
- **Felizarda Viana Bebe, COORDENADOR(A) - FG2 - GBI-COPES**, em 12/08/2024 16:28:41.
- **Leandro Goncalves dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 12/08/2024 13:49:40.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 12/08/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifbaiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 589555
Verificador: af3227d48c
Código de
Autenticação:



Distrito de Ceraíma, S/N, Zona Rural, GUANAMBI / BA, CEP 46430-000
Fone: (77) 3493-2100

DEDICATÓRIA

A Deus que me permitiu a vida e iluminou em toda minha trajetória durante o curso.

A minha mãe Jusselma Carvalho e ao meu pai Marcos Oliveira que sempre me apoiaram durante todo o tempo de estudo.

A minha família que sempre me ajudou em meio a dificuldades enfrentadas na graduação.

E a todos os meus amigos que tornaram os dias de graduação mais tranquilos, me ouvindo e aconselhando.

Dedico!

Thamiris Carvalho Silva

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por toda benção em minha vida, pela paixão pelo curso de agronomia e por sempre me acalmar em momentos conturbados, fazendo entender que tudo era em seu tempo e que seu tempo era o melhor para mim.

Agradeço a minha mãe Jusselma X. Carvalho e a meu pai Marcos de O. Silva que sempre fizeram de tudo para que eu estudasse e entrasse para graduação, e a meu irmão Marcos Vinícios que juntos sempre me apoiaram tornando possível que eu finalizasse o curso.

A minha família, tios, tias, primos e primas que sempre estiveram a meu lado me incentivando e ajudando no que podiam, expressando o orgulho que sentem por eu estar concretizando mais esta etapa em minha vida, e ajudando a meus pais para que eu conseguisse finalizar a graduação. Em especial a minhas primas Natiely, Natália e Letícia, as quais sempre estavam dispostas a me ouvir e aconselhar.

A meu namorado Lucas, que desde que se tornou presente em minha vida me apoiou e me deu forças para conseguir cumprir com meus deveres.

A meus amigos de graduação Larissa Oliveira, Katianne Fernandes, Thiago Alves, Paulo Montalvão, Helder Senna, Samuel Trindade e Raissa Lisbôa que sempre me ajudaram, deram apoio e tornaram a graduação mais tranquila e prazerosa. Através do apoio e de toda a ajuda, estamos finalizando mais uma grande etapa em nossas vidas.

A meus amigos fora da graduação Flávia Miranda, Willian Davis, Letícia Hanna e Thiago Fagundes, que sempre me apoiaram e me deram forças em momentos difíceis durante a graduação. Em especial a Flávia, que me acompanhou desde o dia em que entrei na faculdade, apoiando, aconselhando e não permitindo que eu desistisse se quer por um minuto.

Agradeço também a meu orientador Dr. Leandro Gonçalves, que durante a orientação sempre me aconselhou da melhor forma, até mesmo fora de assuntos acadêmicos, se tornando além de professor orientador um grande amigo.

A minha banca que aceitou fazer parte deste momento tão importante, contribuindo ainda mais para meu aprendizado e formação profissional.

Aos professores que compartilharam seus conhecimentos ao longo dos anos de graduação, e buscaram passar os conteúdos da melhor forma possível para que finalizasse o curso com uma grande bagagem de conhecimento.

Meu muito obrigada!

RESUMO

SILVA, Thamiris Carvalho. **Variabilidade do índice NDVI e produtividade do feijão-caupi sob efeito da inoculação e da adubação nitrogenada.** 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Agrônômica. Instituto Federal Baiano de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi. Guanambi-BA, 2024.

A cultura do feijão-caupi, tem se tornado bastante difundida no país por ser um alimento de alta qualidade nutricional, além de apresentar curto ciclo produtivo, responder bem as regiões com déficits hídricos, e gerar renda para muitas famílias. O nitrogênio é um dos elementos mais requeridos pelas culturas, e a fixação biológica é uma das formas de suprimento desse nutriente, através da contribuição de bactérias que transformam o N₂ atmosférico em forma assimilável pelas plantas. O uso de inoculantes é uma técnica que visa fornecer esses microrganismos, e que possui menor custo quando comparado ao suprimento via fertilizantes químicos. O sensoriamento remoto tem se tornando cada vez mais difundido na agricultura, permitindo acompanhar o desenvolvimento da lavoura a distância, através de índices de vegetação como NDVI que dizem sobre a saúde e produtividade das plantas. O objetivo deste estudo foi avaliar a variabilidade do índice NDVI em decorrência da produtividade do feijão-caupi cultivado com inoculação e adubação nitrogenada. Realizado na área experimental do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi, o experimento contou com seis tratamentos: adubação mineral nas doses de 0, 20, 40, 60 e 80 kg/ha de N em sementes inoculadas com *Rizobium Tropicum*, e uma testemunha absoluta. Observou-se que tratamentos que continham N mineral associado com inoculantes apresentaram maior biomassa vegetal. O número de nódulos e o número de grãos por vagem não diferiram estatisticamente sob as doses de nitrogênio, já o peso de grãos e peso de vagens, apresentaram diferenças significativas. O índice NDVI apresentou valor satisfatório para a dose de 0kg/ha de N em feijão inoculado. O uso de inoculantes diminui a necessidade de adubação nitrogenada na cultura do feijão caupi, contribuindo para o uso de menores doses do adubo. O índice NDVI apresenta variação em decorrência das doses de adubo nitrogenado, e pode ser utilizado como ferramenta a auxiliar os produtores de feijão caupi.

PALAVRAS- CHAVE: *Fixação Biológica de Nitrogênio; feijão; produtividade; NDVI.*

ABSTRACT

SILVA, Thamiris Carvalho. **Variability of the NDVI index and cowpea productivity under the effect of inoculation and nitrogen fertilization**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Agrônômica. Instituto Federal Baiano de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus Guanambi*. Guanambi-BA, 2024.

Cowpea cultivation has become widespread in the country because it is a food with high nutritional quality, in addition to having a short production cycle, responding well to regions with water deficits, and generating income for many families. Nitrogen is one of the elements most required by crops, and biological fixation is one of the ways of supplying this nutrient, through the contribution of bacteria that transform atmospheric N₂ into a form that can be assimilated by plants. The use of inoculants is a technique that aims to supply these microorganisms, and it is less expensive when compared to supply via chemical fertilizers. Remote sensing has become increasingly widespread in agriculture, allowing monitoring of crop development from a distance, through vegetation indices such as NDVI, which indicate the health and productivity of plants. The objective of this study was to evaluate the variability of the NDVI index as a result of the productivity of cowpea cultivated with inoculation and nitrogen fertilization. Conducted in the experimental area of the Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – Campus Guanambi, the experiment included six treatments: mineral fertilization at doses of 0, 20, 40, 60 and 80 kg/ha of N in seeds inoculated with *Rhizobium Tropicum*, and an absolute control. It was observed that treatments that contained mineral N associated with inoculants presented greater plant biomass. The number of nodules and the number of grains per pod did not differ statistically under the nitrogen doses, but the grain weight and pod weight presented significant differences. The NDVI index presented a satisfactory value for the dose of 0 kg/ha of N in inoculated beans. The use of inoculants reduces the need for nitrogen fertilization in cowpea crops, contributing to the use of lower doses of fertilizer. The NDVI index varies depending on the doses of nitrogen fertilizer, and can be used as a tool to assist cowpea producers.

KEYWORDS: *Biological Nitrogen Fixation; bean; productivity; NDVI.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Contagem do número de nódulos.....	21
Figura 2: Contagem do número de grãos por vagem.	21
Figura 3: Rendimento de massa verde e seca do feijão-caupi sob diferentes doses de adubação nitrogenada e inoculação.....	24
Figura 4: Número de nódulos em feijão-caupi sob diferentes doses de adubação nitrogenada e inoculação.....	25
Figura 5: Número de grãos por vagem (GV) e peso de grãos (PG) de feijão-caupi sob diferentes doses de adubação nitrogenada e inoculação.	27
Figura 6: Peso de vagens secas do feijão-caupi sob diferentes doses de adubação nitrogenada e inoculação.....	27
Figura 7: Índice vegetativo NDVI do feijão-caupi sob diferentes doses de adubação nitrogenada e inoculação.....	28
Figura 8: Mapa NDVI da área experimental.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resumo da análise de variância e respectiva significância para massa verde (MV), massa seca (MS) e número de nódulos (NO) em plantas de feijão-caupi sob diferentes doses de adubação nitrogenada e inoculação.	23
Tabela 2: Resumo da análise de variância e respectiva significância para peso seco de vagens (PSV), número de grãos por vagens (GV) e peso de grãos (PG) em plantas de feijão-caupi sob diferentes doses de adubação nitrogenada e inoculação.	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Feijão-caupi.....	14
2.2 Importância do Nitrogênio	15
2.3 Fixação biológica de nitrogênio	16
2.4 Sensoriamento remoto	17
2.5 Índice NDVI.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
5. CONCLUSÕES	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1. INTRODUÇÃO

A cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) vem se tornando cada vez mais difundida no país, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, por ser uma cultura de ciclo curto e que consegue produzir bem em déficits hídricos, com baixos custos de produção. O feijão-caupi tem um grande papel socioeconômico, sendo um alimento de grande qualidade nutricional e com o cultivo capaz de gerar renda para as famílias brasileiras.

O nitrogênio, por ser constituinte dos ácidos nucleicos e proteínas, é o nutriente requerido em maior quantidade para o bom desenvolvimento das culturas. No entanto, apesar do N_2 compor quase 80% dos gases atmosféricos, as plantas não conseguem assimilá-lo. Uma opção seria o fornecimento do nutriente por meio de fertilizantes nitrogenados, no entanto, estes por sua vez, além do elevado custo, possuem uma baixa eficiência de uso pelas plantas e estão ligados a poluição ambiental, acarretando por exemplo a contaminação de solos, lençóis freáticos e rios (Hungria *et al.*, 2007).

Uma alternativa para o fornecimento do nitrogênio para as plantas seria a fixação biológica de nitrogênio (FBN). A fixação biológica de nitrogênio é o processo no qual bactérias diazotróficas simbiotes assimilam o nitrogênio atmosférico através da quebra da molécula de N_2 pela enzima dinitrogenase, transformando-o em amônia NH_3 , e posteriormente em amônio NH_4^+ forma assimilável pelas plantas (Hungria *et al.*, 2007).

O uso de inoculantes, vem se tornando uma importante técnica principalmente para o cultivo de leguminosas, como o feijão-caupi e a soja. Devido a uma grande crise no mercado mundial, influenciada pelo preço do gás natural e problemas políticos, o Brasil se encontra com problemas na importação de fertilizantes, o que aumenta o valor dos mesmos (Galvani *et al.*, 2021). A técnica da inoculação além de possuir baixo custo, fornece as bactérias necessárias para a fixação biológica do nitrogênio, fornecendo o nitrogênio necessário para a planta, diminuindo os impactos ambientais e o custo de produção (Hungria *et al.*, 2007).

Outra atividade que vem sendo cada vez mais empregada nas lavouras é o uso do sensoriamento remoto e a geração de Índices de Vegetação (IVs) como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI), que mede a saúde das plantas com base na luz refletida pelas mesmas, em frequências específicas (Aegro, 2020).

O uso do NDVI também traz um menor custo de produção aos agricultores, pois a partir dele é possível conhecer os pontos danificados dentro da lavoura (deficiência de nutrientes, ataque de pragas ou qualquer circunstância que afete a saúde das plantas) com maior precisão, sabendo exatamente onde agir, bem como estimar a produtividade das culturas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade do índice NDVI em decorrência da produtividade e desenvolvimento do feijão-caupi cultivado com inoculação e adubação nitrogenada.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Feijão-caupi

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) também conhecido como feijão-de-corda ou feijão catador é considerado um alimento altamente nutritivo, sendo fonte de proteínas, aminoácidos, carboidratos, vitaminas e minerais, além de possuir baixo teor de gordura (Embrapa, 2022), portanto é considerado um dos alimentos responsáveis por promover segurança alimentar e nutricional para a população brasileira, fazendo parte de sua alimentação há muitos séculos (Freire Filho *et al.*, 2017). Devido a seu alto valor nutritivo, é considerado uma alternativa de alimento, principalmente para populações de baixa renda (Cavalcante *et al.*, 2017).

A cultura foi introduzida no Brasil pela Bahia por volta do século XVI, disseminando-se para os outros estados. Hoje a produção de feijão-caupi encontra-se concentrada nas regiões Nordeste e Norte do Brasil, com forte expansão para região Centro-Oeste, onde é cultivado em forma de safrinha com tecnologias aplicadas ao cultivo da soja, promovendo qualidade e regularidade, o que permite que as regiões de expansão se consolidem. O cultivo desta cultura, além de promover benefícios alimentares, é responsável pela geração de empregos, movimentando a economia desde agricultores familiares à empresariais (Freire Filho *et al.*, 2017).

É uma cultura adaptada a condições tropicais, e que possui um baixo custo de produção (Freire Filho *et al.*, 2011), apresenta rusticidade e é bem adaptado a condições de déficit hídrico, portanto a sua grande importância para regiões como o Nordeste e outras regiões de áreas áridas (Conab, 2022).

Mesmo com o cultivo do feijão-caupi crescendo cada vez mais, o potencial produtivo da cultura ainda não é totalmente atingido, sendo que uma das principais causas para esse baixo rendimento é falta de recursos financeiros de pequenos e médios produtores (maiores

responsáveis pela produção da cultura) associado ao alto valor dos insumos para a produção (Zumba, 2016).

Silva *et al.*, (2018), estudando os principais problemas enfrentados pelos produtores para a produção de feijão-caupi no Nordeste, apontou como principal entrave enfrentado pelos produtores os recursos financeiros para investir na agricultura.

2.2 Importância do Nitrogênio

O nitrogênio é um dos nutrientes mais requeridos pelas culturas, sendo um dos principais responsáveis pelo seu desenvolvimento e produtividade. É componente de aminoácidos, ácidos nucleicos, clorofila, sendo vital para que as plantas completem seu ciclo (Taiz *et al.*, 2017).

É um elemento extremamente móvel nas plantas, por tanto, quando há deficiência os primeiros sintomas aparecem em forma de clorose nas folhas mais velhas, próximas ao chão. Folhas mais novas inicialmente não demonstram sintomas, mas em deficiências severas podem apresentar coloração verde-clara. Além de inibir o crescimento vegetal, na deficiência de nitrogênio as folhas tornam-se totalmente amarelas e caem (Taiz *et al.*, 2017).

Cerca de 78% da atmosfera é composta por nitrogênio na forma de N_2 . No entanto, o nitrogênio atmosférico não está diretamente disponível para as plantas, isso ocorre em consequência da tripla ligação covalente entre os átomos do nitrogênio que impedem que este seja assimilado pelas plantas. Normalmente os vegetais assimilam nitrogênio nas formas de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), que é resultante da quebra das ligações covalentes em processos industriais ou naturais, tais como descargas elétricas e fixação biológica (Taiz *et al.*, 2017).

O feijão-caupi, requer em média para seu desenvolvimento uma quantia de cerca de 100 kg/ha de N (Melo e Cardoso, 2017). Dentre as fontes de nitrogênio conhecidas, os fertilizantes nitrogenados, que provêm dos processos industriais, são aqueles que apresentam uma rápida assimilação do nutriente pela planta. No entanto, este por sua vez tem um elevado custo, e nem todo o seu conteúdo é realmente assimilado pelas plantas, uma parte é perdida por meios como lixiviação, volatilização, desnitrificação ou imobilização (Hungria *et al.*, 2007).

É também por meio da lixiviação e escoamento superficial, que os fertilizantes nitrogenados industriais estão altamente relacionados a poluição ambiental, já que, o conteúdo lixiviado fica armazenado em forma de nitrato em rios e lençóis freáticos, podendo se tornar

tóxico para a população (Hungria *et al.*, 2007). Vale também destacar que durante a produção de fertilizantes minerais, para a quebra do N_2 atmosférico, há um enorme gasto de energia de fontes não renováveis como gás natural e derivados de petróleo (Fernandes, 2022).

Outra fonte de nitrogênio para o feijão-caupi, é a fixação biológica feita por microrganismos (bactérias) presentes no solo (Hungria *et al.*, 2007) através da formação de nódulos nas raízes. Essas bactérias se associam às plantas e conseguem converter o nitrogênio atmosférico em amônio assimilável pelas plantas, em troca de nutrientes e carboidratos (Taiz *et al.*, 2017).

O feijão-caupi apresenta uma boa relação com as bactérias fixadoras de nitrogênio e capacidade de nodulação, consequente alta eficiência na fixação de nitrogênio atmosférico, dispensando a adubação nitrogenada (Embrapa, 2022).

2.3 Fixação biológica de nitrogênio

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é um processo no qual microrganismos, mais especificamente bactérias diazotróficas fixadoras de nitrogênio, que podem ser simbiotes, associativas, ou de vida livre, associam-se as culturas (principalmente leguminosas), fixando o nitrogênio presente no ar (N_2).

Na fixação as bactérias quebram a tripla ligação do nitrogênio atmosférico e o transforma em amônia (NH_3) que é sintetizada e incorporada a um hidrogênio, formando o íon amônio (NH_4^+) assimilado pelas plantas. Nas leguminosas (família Fabaceae), a síntetização da amônia é feita normalmente por bactérias simbiotes do gênero *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Rhizobium* denominadas genericamente de rizóbios e ocorre em estruturas especializadas que se desenvolvem nas raízes, denominadas nódulos (Hungria *et al.*, 2007; Taiz *et al.*, 2017).

Essas bactérias são multiplicadas em laboratórios e vendidas como inoculantes. Os inoculantes podem ser turfosos ou líquidos, devem possuir uma concentração mínima de 1×10^9 de células viáveis da bactéria por grama ou mL do inoculante e ser devidamente registrados pelo MAPA (Hungria *et al.*, 2020). A inoculação deve ser feita a sombra, e a semeadura deve ser feita até 24 horas após a inoculação para garantir viabilidade das bactérias (Hungria *et al.*, 2020).

A FBN pode ser considerada uma prática de agricultura sustentável, pois agride menos o meio ambiente, além de diminuir os custos de produção visto que apresenta um baixo custo e

pode até mesmo substituir o uso de fertilizantes nitrogenados (Embrapa, 2022), economizando assim o uso de combustíveis fósseis para a produção desses fertilizantes.

A inoculação é uma alternativa eficiente e viável para suprir as demandas em nitrogênio do feijão-caupi, haja vista sua influência positiva no desenvolvimento da planta e em sua produtividade (Rocha *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2018).

O manejo correto dos inoculantes em substituição de fertilizantes nitrogenados serve tanto para grandes produtores quanto para médios e pequenos produtores, já que se trata de uma prática que exige baixo custo de produção (Rocha *et al.*, 2019). Buscar tecnologias que tornem a produção do feijão-caupi economicamente viável para um médio e pequeno produtor, além de promover sustentabilidade, deve ser um dos enfoques de trabalhos com a cultura (Silva *et al.*, 2019).

Zumba (2016), aponta a importância de procurar alternativas ao uso de fertilizantes que, possibilitem a produtividade, sejam de baixo custo, e que possam contribuir para a minimização dos impactos ambientais causados pelos insumos agrícolas, como por exemplo o uso de inoculantes para a fixação biológica de nitrogênio.

2.4 Sensoriamento remoto

Por sensoriamento remoto, entende-se atividades de aquisição de informações a distância (sem contato direto) dos objetos presentes na superfície terrestre, por meio de sensores. Os sensores remotos são ferramentas que captam a radiação eletromagnética (REM) refletida dos objetos, registrando-as e convertendo em informações sobre o objeto (Moraes, 2008).

O sol é a maior fonte de energia da vida na Terra, a radiação solar ou radiação eletromagnética é diferenciada conforme seu comprimento de onda, podendo ser ondas curtas de maior frequência ou ondas longas de menor frequência que são descritas no espectro eletromagnético. Dentre os intervalos do espectro eletromagnético, tem-se a faixa de luz visível que pode ser vista a olho nu (cores: azul, vermelha, verde) e a não visível (Raios X, Raios UV, infravermelho, entre outros), (Moraes, 2008).

Os objetos sobre a superfície terrestre interagem com a radiação eletromagnética sobre eles absorvendo ou refletindo parte dessa energia, conforme suas condições físico, químicas e biológicas (Moraes, 2008). Holler *et al.*, (2022), aponta que “os vegetais apresentam comportamento distinto em termos de resposta espectral”.

Características nutricionais e fisiológicas das plantas, interferem na energia que é refletida no espaço, posteriormente capturadas por sensores remotos. Em plantas saudáveis a clorofila presente nas folhas é responsável por absorver comprimentos de onda na faixa do azul e vermelho, refletindo comprimentos de onda verdes. A interação entre a energia eletromagnética e a estrutura do mesófilo das folhas, define a reflectância do infravermelho próximo (NIR), quanto melhor a estrutura celular da folha, maior a reflectância nesta faixa. Uma planta não saudável, reflete mais a energia na faixa vermelha do espectro e pouca energia no NIR (Holler *et al.*, 2022).

O sensoriamento remoto vem se tornando cada vez mais ativo na agricultura, pois permite acompanhar o desenvolvimento da lavoura a distância, além de fornecer maior precisão nos pontos deficientes, reduzindo custos ao produtor. Pode ser aplicado em estimativas de biomassa e produtividade, mapeamento de distúrbios e estresses, mapeamento do desenvolvimento fenológico das culturas, entre outros (Formaggio, 2017).

Veículos aéreos não tripulados (VANT), também conhecidos como drones, têm sido cada vez mais utilizados no sensoriamento remoto para monitoramento das culturas agrícolas, devido principalmente à sua flexibilidade, baixo custo, alta resolução, e praticidade de uso. As imagens geradas por sensores acoplados aos drones como as câmeras RGB, multiespectrais e hiperespectrais permitem além da obtenção de dados sobre a cultura, a formulação de índices de vegetação (IVs) para compreensão da vegetação (Holler *et al.*, 2022).

2.5 Índice NDVI

Transformações nas combinações das bandas espectrais das imagens multiespectrais geradas remotamente permitem melhor interpretação e análise das informações dos objetos, como a vegetação (Barros *et al.*, 2020). Os Índices de Vegetação são combinações matemáticas das bandas espectrais refletidas pelas culturas, que permitem medir a atividade da vegetação, a partir da faixa do visível e do infravermelho próximo (NIR), e são utilizados para avaliar o estado das culturas (Shiratsuchi *et al.*, 2014).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index) é um dos IVs mais popularmente usados pela sua capacidade de delinear a vegetação e o estresse vegetativo, a partir da equação: reflectância do infravermelho próximo (NIR) menos a reflectância da banda vermelha do visível (RED), dividido pela reflectância do NIR mais a reflectância RED (Aegro, 2020; Huang *et al.*, 2020).

Segundo Francisco *et al.*, (2020) para a interpretação do NDVI, “os resultados próximos a 1 representam áreas com maior quantidade de vegetação fotossintetizante”, sendo assim, resultados próximos a -1 remeteriam a uma vegetação com a saúde comprometida.

Para leguminosas como o feijão-caupi, em que se estuda o efeito de doses de nitrogênio no desenvolvimento da cultura, o NDVI apresenta acréscimos conforme o incremento das doses de nitrogênio, pois com a cultura bem desenvolvida, menor é a reflectância da banda RED e maior a refletância da banda NIR (Sandrini *et al.*, 2019).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi, no perímetro irrigado de Ceraíma, localizada na microrregião da cidade de Guanambi-BA no sudoeste Baiano, 14°21' latitude sul 44.12" longitude oeste, de 525 m de altitude, clima semiárido e temperaturas médias de 25°C.

Acredita-se que a área de implantação do experimento apresenta boas condições biológicas, visto que já foi uma área de manejo agroecológico de mamoeiro e posteriormente de abóbora, onde todo o manejo é realizado com produtos orgânicos, como biofertilizantes produzidos no instituto, que melhoram as condições do solo num todo.

Instalou-se as linhas de plantio separadas 0,8 m, em parcelas de 3m×2,4m, irrigadas com sistema de gotejamento. A densidade foi de quatro plantas por metro linear e a semeadura foi feita com sementes de feijão-caupi, previamente inoculadas com inoculante líquido Bio Compost, que possui em sua formulação quatro tipos de bactéria: *Azospirillum brasiliense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis* e *Rhizobium tropici*, a níveis de garantia de 1×10^8 .

A dose do inoculante utilizada foi de 100 mL para 10kg de semente de feijão, conforme a recomendação do fabricante. A bactéria de interesse para fixação biológica de nitrogênio, *Rhizobium tropici*, é recomendada para cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*). O feijão-caupi utilizado é conhecido regionalmente por “Manteigão”, classificado como: classe cores, subclasse manteiga, tegumento de cor creme-amarelada e liso, com o ciclo de maturação de cerca de 70 a 90 dias.

A inoculação das sementes foi feita conforme recomendações da Embrapa, (2021), à sombra, misturando o inoculante de forma que fique distribuído homogeneamente por toda a

semente, deixando secar a sombra, onde esteja protegido do sol, e realizando a semeadura no mesmo dia.

Para ocasião do plantio fez-se adubação fosfatada em toda a área na dose de 20Kg/ha de P, com superfosfato simples. Após uma semana do primeiro plantio, houve a necessidade de fazer um replantio devido ao fato de algumas plântulas não terem se desenvolvido. Quanto aos tratos culturais, realizou-se a capina manual uma vez cada sete dias entre as parcelas.

Foram um total de seis tratamentos: doses de adubo nitrogenado correspondentes 0, 20, 40, 60, e 80 kg/ha em sementes inoculadas, e uma testemunha absoluta com a dose de 0kg/ha de N em sementes não inoculadas. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, e quatro repetições.

A adubação foi feita em duas parcelas para cada dose de nitrogênio, utilizando como fonte o sulfato de amônio. Fez-se também uma aplicação de cloreto de potássio na dose de 60 kg/ha de K.

As variáveis fenológicas analisadas da cultura foram: massa verde total (MV), massa seca total (MS), número de nódulos (NO), número de grãos por vagem (GV), índice NDVI, e por ocasião da colheita peso de grãos (PG), produtividade em kg/ha obtido do peso seco de vagens (PSV).

Para as variáveis massa verde total (MV), massa seca total (MS) e número de nódulos (NO), retirou-se plantas aleatoriamente das linhas laterais de cada parcela, realizando a pesagem das mesmas em laboratório. Para massa seca, as plantas foram secas em estufa a 65°C por cerca de 4 dias, e pesadas posteriormente. Os nódulos foram contados manualmente na raiz antes da secagem das plantas (Figura 1).

Figura 1: Contagem do número de nódulos.



Fonte: Autor.

Para as variáveis número de grãos por vagem (GV), foram escolhidas 4 plantas aleatoriamente nas linhas centrais dentro das parcelas, escolhendo-se duas vagens por planta e contabilizando o número de grãos de cada vagem, para posteriormente retirar a média do número de grãos por vagem de cada parcela e do tratamento (Figura 2).

Figura 2: Contagem do número de grãos por vagem.



Fonte: Autor.

Para o peso de grãos e peso de vagens secas, procedeu-se inicialmente com a colheita no momento em que as vagens do feijão encontravam-se secas na planta. Em laboratório pesou-se as vagens secas de cada parcela, e posteriormente separou-se 100 grãos de cada parcela para pesá-los.

As imagens para obtenção do índice de vegetação NDVI, foram capturadas com câmera multiespectral RedEdge-M, embarcada em drone de modelo Phantom 4 da marca DJI, com autonomia em torno de 20 min e voo capaz de cobrir até 40 ha.

A câmera RedEdge-M apresenta cinco sensores ópticos que captam bandas espectrais nas faixas RED (668nm), GREEN (560nm), BLUE (475nm), RED-EDGE (717nm) e NIR (840nm), além de um sensor DSL para aferição de luminosidade e painel de reflectância calibrado que permitem o registro da quantidade de luz do ambiente para cada uma das cinco bandas da câmera durante o voo e que no pós-processamento será utilizada para corrigir e ajustar a luminosidade.

Para o planejamento de voo, foi utilizado o aplicativo iOS Pix4DCapture com as seguintes configurações: sobreposição frontal e lateral de 75%/80%, altitude de voo de 60 m, velocidade de voo de 5 m/s e GSD 4,12 cm/px.

Os voos ocorreram sempre nos horários entre as 11h00 e 13h00 para que fosse evitada a presença de sombras nas imagens e foram realizados conforme prevê a regulamentação para o uso de drones no Brasil que exige que a aeronave e o piloto possuam registro na ANAC, certificado de homologação pela ANATEL e autorização de voo do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

O processamento das imagens foi realizado no software Agisoft Metashape mediante fluxo de rotina de alinhamento de fotos, geração da nuvem de pontos, modelo digital de elevação e pôr fim a geração do Ortofotomosaico em formato raster para posterior obtenção dos índices de vegetação.

Para obtenção do NDVI, foi utilizado o software QGIS v2.18 por meio da ferramenta “calculadora raster” onde foi realizada a composição das bandas conforme o índice NDVI utilizado (1), onde: NIR, banda do infravermelho próximo; e RED, banda do vermelho.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

Realizou-se a análise de variância (ANOVA) para as doses de nitrogênio a 5% de significância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1 se encontra a análise de variância das variáveis massa verde total (MV), massa seca total (MS) e número de nódulos (NO), referentes ao desenvolvimento da cultura.

Tabela 1: Resumo da análise de variância e respectiva significância para massa verde (MV), massa seca (MS) e número de nódulos (NO) em plantas de feijão-caupi sob diferentes doses de adubação nitrogenada e inoculação.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		MV	MS	NO
Tratamentos	5	88204,17**	1626,7**	99,9 ^{ns}
Bloco	3	7201,8	100,0	171,0
CV	--	18,99	16,43	36,19
Média	--	397,66	81,66	30,50

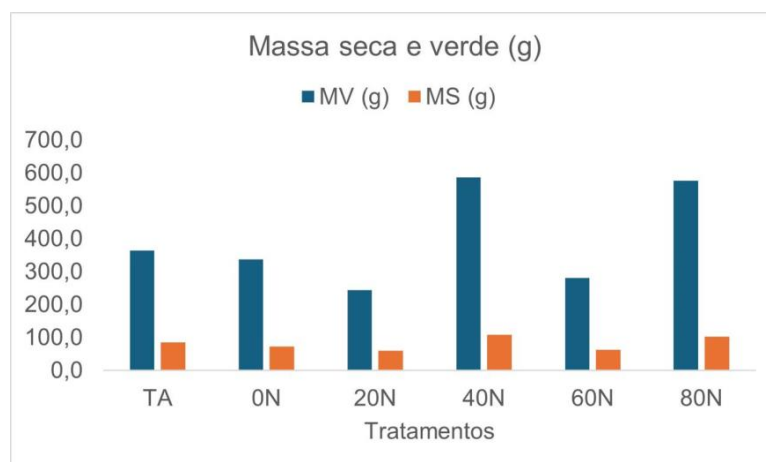
** significativo pelo teste de F a 1% de probabilidade. ^{ns}=não significativo

As variáveis massa verde total (MV) e massa seca total (MS) apresentaram diferença significativa entre as doses de nitrogênio, sendo maior nos tratamentos contendo 40kg/ha de N e 80kg/ha de N, com exceção para o tratamento contendo a dose de 60 kg/ha de N.

Acredita-se que este resultado se explica devido ao fato de o nitrogênio ser o nutriente que está associado a maior produção de biomassa das culturas, consequentemente, nos tratamentos em que havia maior N mineral associado as bactérias a produção de biomassa foram maior (Figura 3). A exceção do tratamento de 60 kg/ha de N pode ser explicada pelo fato de haver diferentes fases fenológicas devido ao replantio, o que pode ter influenciado na média geral do tratamento.

Observa-se também que a testemunha absoluta (TA) apresenta massa verde total e massa seca total maior que o tratamento contendo dose de 20kg/ha de N, que pode ser relacionado ao número de nódulos ser alto neste tratamento, o que será explicado mais a frente.

Figura 3: Rendimento de massa verde e seca do feijão-caupi sob diferentes doses de adubação nitrogenada e inoculação.



Fonte: Autor. (MV) massa verde total em gramas; (MS) massa seca total em gramas; (TA) testemunha absoluta 0kg/ha de N e sem inoculante; (0N) dose de 0kg/ha de N; (20N) dose de 20kg/ha de N; (40N) dose de 40kg/ha de N; (60N) dose de 60kg/ha de N e (80N) dose de 80kg/ha de N.

Jesus *et al.* (2023) estudando o crescimento e produtividade de cultivares de feijão-caupi sob efeitos da inoculação com rizóbios nativos associados à adubação nitrogenada, constataram que o uso das bactérias incrementou os teores de matéria seca de parte aérea em doses máximas de nitrogênio de aproximadamente 50kg/ha e 60kg/ha.

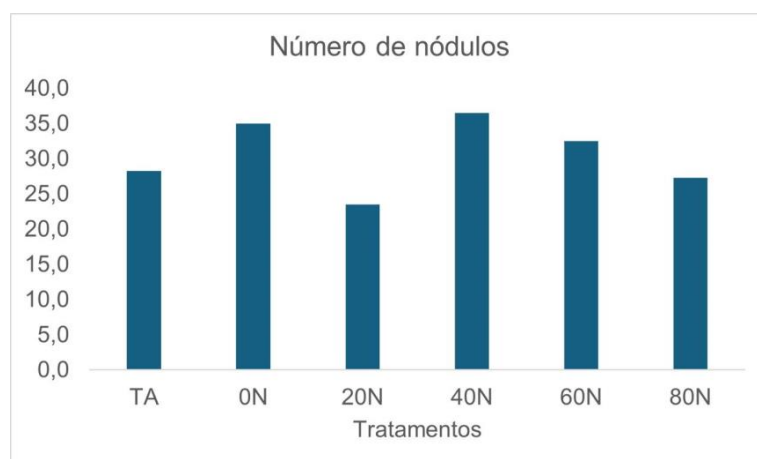
Resultados parecidos também foram encontrados por Martins *et al.* (2013) em dose máxima estimada de 90 kg/ha, ao estudar o efeito da adubação nitrogenada e da aplicação de micronutrientes na nodulação e produtividade de feijão-caupi inoculado com bactérias.

Em contrapartida, Soares *et al.* (2023) não observou efeitos significativos nas diferentes formas de suprimento de nitrogênio sobre a matéria seca total de feijão caupi, ao avaliar o crescimento e produtividade quando sem adubação com nitrogênio, adubado com nitrogênio mineral e quando o nitrogênio era fornecido pela bactéria *Azospirillum brasiliense*, a qual é de grande relevância para outras culturas.

Quanto ao número de nódulos na raiz, no presente estudo não houve diferença significativa entre os tratamentos, o que indica que as doses de nitrogênio não interferiram na nodulação do feijão caupi. No entanto, a partir dos dados, é possível observar que houve um aumento do número de nódulos nos tratamentos que diferiram da testemunha absoluta, e uma

diminuição no número de nódulos onde foram aplicadas maiores doses de nitrogênio (Figura 4).

Figura 4: Número de nódulos em feijão-caupi sob diferentes doses de adubação nitrogenada e inoculação.



Fonte: Autor. (TA) testemunha absoluta 0kg/ha de N e sem inoculante; (0N) dose de 0kg/ha de N; (20N) dose de 20kg/ha de N; (40N) dose de 40kg/ha de N; (60N) dose de 60kg/ha de N e (80N) dose de 80kg/ha de N.

Este comportamento também foi observado por Cavalcante *et al.* (2017) que ao avaliar a produtividade de quatro cultivares de feijão-caupi sob os efeitos da inoculação das sementes com estirpes de rizóbios, constatou o aumento do número de nódulos nos tratamentos onde houve inoculação. Jesus *et al.* (2023) e Martins *et al.* (2013) confirmaram a partir de seus trabalhos que a medida em que se aumentava a dose de nitrogênio, havia uma diminuição do número de nódulos.

Na tabela 2 se encontra a análise de variância das variáveis de produção número de grãos por vagem (GV), peso de grãos (PG) e peso seco de vagens da parcela (PSV).

Tabela 2: Resumo da análise de variância e respectiva significância para peso seco de vagens (PSV), número de grãos por vagens (GV) e peso de grãos (PG) em plantas de feijão-caupi sob diferentes doses de adubação nitrogenada e inoculação.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		PSV	GV	PG
Tratamentos	5	151232,92**	0,14 ^{ns}	8,45**
Bloco	3	165771,95	1,04	1,00
CV	--	9,36	5,29	3,59
Média	--	2000,57	16,29	16,96

** significativo pelo teste de F a 1% de probabilidade. ^{ns}=não significativo

Quanto ao número de grãos por vagem (GV) não houve nenhuma diferença significativa nas diferentes doses de nitrogênio (Figura 5), resultados que corroboram com os encontrados por Sousa *et al.* (2018) e por Junior (2018). Acredita-se que este resultado seja explicado pelo fato de que a quantidade de grãos por vagem está associada ao genótipo das cultivares (Cavalcante *et al.* 2017; Jesus *et al.*, 2023), o que explicaria o fato de não haver influência direta das doses de nitrogênio sobre esta variável.

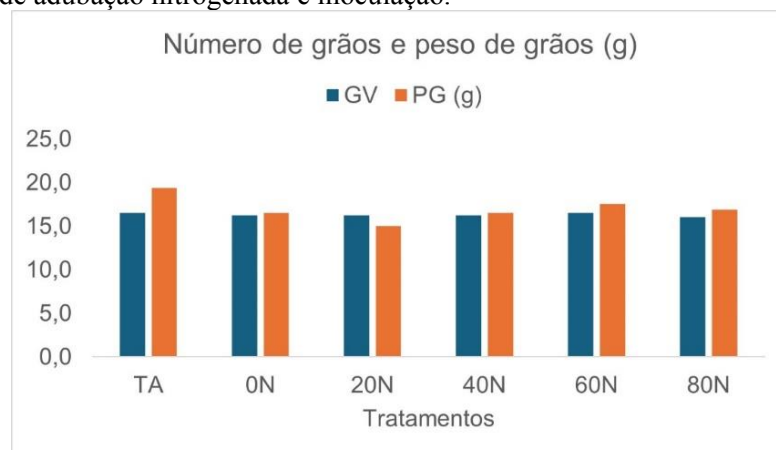
Um ponto positivo é que, se não há diferença na quantidade de grãos em diferentes doses de nitrogênio, e esta variável está associada ao genótipo das cultivares, não há necessidade de utilizar doses altas de nitrogênio visando aumento da quantidade de grãos. Sendo assim, doses menores ou somente a inoculação pode ser usada na produção do feijão caupi, sem interferir significativamente no número de grãos produzidos.

Houve efeitos significativos dos tratamentos sobre o peso de grãos (PG), sendo maior na testemunha absoluta do que nos tratamentos que receberam inoculação e adubação nitrogenada (Figura 5). Este comportamento também foi observado por Cavalcante *et al.* (2017), que atribui o fato de a massa de grãos ser maior onde não houve inoculação devido as bactérias nativas do solo que fazem FBN e podem competir com as bactérias adicionadas nas sementes.

Soares *et al.* (2023), em contrapartida ao resultado do atual trabalho constatou que em tratamentos que havia nitrogênio mineral e inoculação com bactéria *A. brasilense*, o peso de grãos foi maior do que no tratamento sem nenhum aporte de nitrogênio. Jesus *et al.* (2023) também encontrou diferenças significativas das doses de nitrogênio e estirpes de inoculantes,

no entanto, em seu trabalho o peso de grãos apresentou comportamento quadrático, diminuindo conforme aumentava-se as doses de nitrogênio.

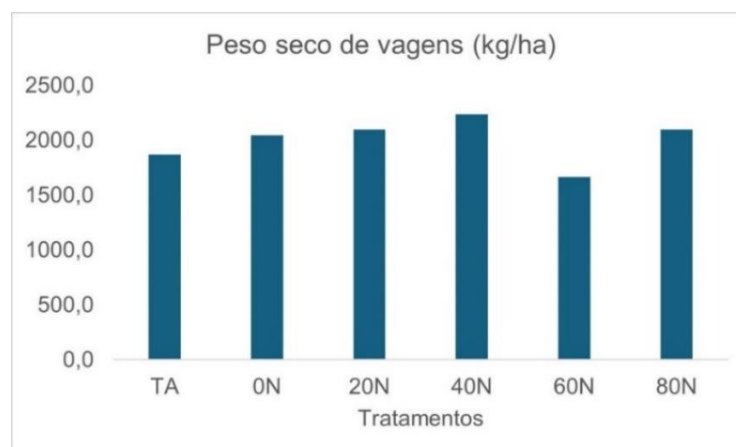
Figura 5: Número de grãos por vagem (GV) e peso de grãos (PG) de feijão-caupi sob diferentes doses de adubação nitrogenada e inoculação.



Fonte: Autor. (GV) número de grãos por vagem; (PG) peso de grãos em gramas; (TA) testemunha absoluta 0kg/ha de N e sem inoculante; (0N) dose de 0kg/ha de N; (20N) dose de 20kg/ha de N; (40N) dose de 40kg/ha de N; (60N) dose de 60kg/ha de N e (80N) dose de 80kg/ha de N.

Para a produtividade obtida através do peso seco de vagens da parcela (PSV) houve diferença significativa do efeito dos tratamentos, sendo maior no tratamento usando 40kg/ha de nitrogênio associado a inoculação (Figura 6). Sousa *et al.* (2018), obteve resultados parecidos para cultivar regional Manteiguinha, que apresentou valores de produtividade de grãos maior nos tratamentos que tiveram adubação nitrogenada.

Figura 4: Peso de vagens secas do feijão-caupi sob diferentes doses de adubação nitrogenada e inoculação.

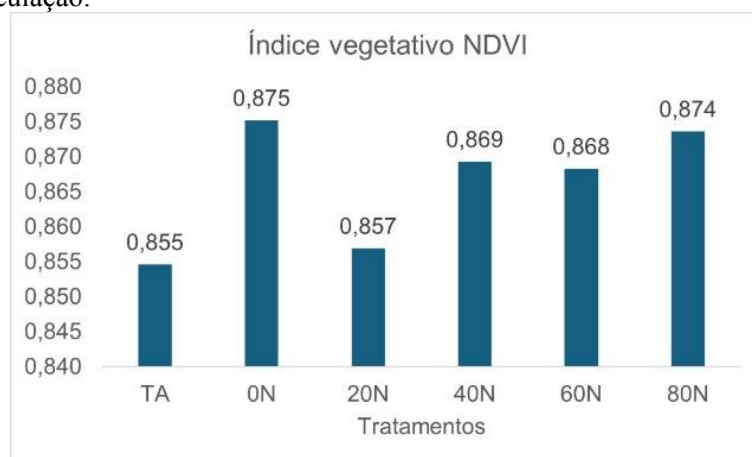


Fonte: Autor. Peso seco de vagens em Kg/ha; (TA) testemunha absoluta, (0N) dose de 0kg/ha de N, (20N) dose de 20kg/ha de N, (40N) dose de 40kg/ha de N, (60N) dose de 60kg/ha de N e (80N) dose de 80kg/ha de N.

Se comparados com os valores de massa verde total, os tratamentos que apresentaram maior massa verde apresentaram também maior peso de vagens secas. Acredita-se que estas variáveis possam estar associadas, influenciando uma a outra, de forma que uma maior área foliar influencie diretamente nos fotoassimilados e consequentemente no rendimento da cultura.

Quanto a análise do índice de vegetação NDVI, observou-se que as parcelas onde a cultura apresentou maior sanidade e valores mais aproximados de 1 foram parcelas que continham as doses de 0N, 80N e 40N, com valores de NDVI de 0,875, 0,874, 0,869, respectivamente (Figura 7).

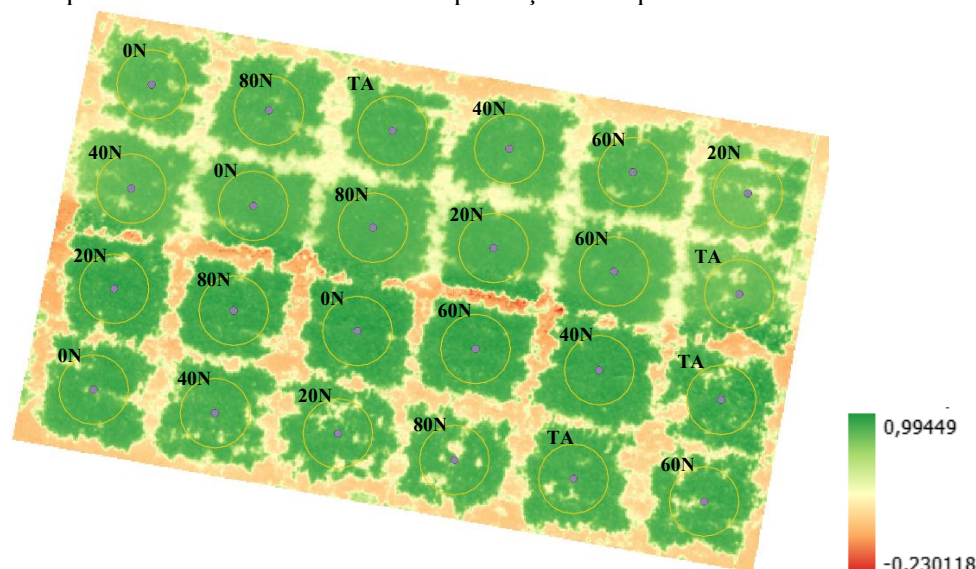
Figura 7: Índice vegetativo NDVI do feijão-caupi sob diferentes doses de adubação nitrogenada e inoculação.



Fonte: Autor. (TA) testemunha absoluta 0kg/ha de N e sem inoculante; (0N) dose de 0kg/ha de N; (20N) dose de 20kg/ha de N; (40N) dose de 40kg/ha de N; (60N) dose de 60kg/ha de N e (80N) dose de 80kg/ha de N.

A partir do mapa NDVI (Figura 8) é possível avaliar visualmente o comportamento dos tratamentos na área experimental. O fato de o NDVI ser alto no tratamento com dose de 0N, pode ser explicado pelo fato de a nodulação ser alta neste tratamento, o que confirma a eficiência da inoculação, em comparação a adubação nitrogenada.

Figura 8: Mapa do índice NDVI da área de implantação do experimento.



Fonte: Autor. Mapa do Índice NDVI das parcelas na área experimental, em blocos casualizados e quatro repetições; (TA) testemunha absoluta 0kg/ha de N e sem inoculante; (0N) dose de 0kg/ha de N; (20N) dose de 20kg/ha de N; (40N) dose de 40kg/ha de N; (60N) dose de 60kg/ha de N e (80N) dose de 80kg/ha de N.

Uma outra explicação possível, seria a interferência do ambiente sob os tratamentos. Mesmo que casualizados, observa-se que algumas parcelas apresentaram menor densidade de plantas, o que pode ter influenciado diretamente nos resultados e nas médias obtidas das variáveis estudadas, principalmente se levarmos em conta que a MV neste tratamento não obteve valores altos.

De toda forma, os tratamentos que tiveram somente inoculação e adubação nitrogenada associada a inoculação, obtiveram valores de NDVI maiores que a testemunha absoluta. Se compararmos os valores de MV e MS e o peso de vagens secas das parcelas com os valores encontrados no NDVI, é possível observar uma relação positiva nos tratamentos com doses de 40kg/ha de N e 80kg/ha de N, podendo assim dizer que o uso do NDVI pode ser usado para estimar o desenvolvimento e produtividade do feijão caupi.

Filla *et al.* (2023) estudando a precisão da estimativa de produtividade a partir do NDVI em feijão comum, constatou que com o aumento dos valores do índice NDVI, havia também um aumento na produtividade do feijão comum. Sandrini *et al.* (2019) também aponta que o índice NDVI tem grande acurácia na estimativa da produtividade de grãos do feijão comum, principalmente no estágio R8, no momento de enchimento de grãos.

5. CONCLUSÕES

Nas condições do presente estudo a inoculação com o inoculante BioCompost, que contém em sua composição a bactéria *Rhizobium tropici*, responsável pela FBN em feijão, além das bactérias *A. brasiliense*, *P. fluorescens*, *B. subtilis*, apresentou resultados satisfatórios e o uso de adubo nitrogenado pode ser diminuído pela inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio.

A dose de nitrogênio que apresentou melhor desempenho em associação a inoculação foi a de 40 kg/ha de nitrogênio.

Houve variação no índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em decorrência da aplicação de nitrogênio em sementes de feijão caupi inoculadas, sendo assim o NDVI é uma ferramenta que pode ser utilizada por produtores da região, ajudando no do cultivo do feijão caupi.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEGRO. **O que são mapas NDVI e como utilizá-los na fazenda**. Blog Aegro. Porto Alegre-RS, 2020. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/ndvi/#Como-os-mapas-NDVI-te-ajudam-na-lavoura>. Acesso em: 20 out. 2022.

ALMEIDA JUNIOR, C. A. **Análise da inoculação e adubação nitrogenada em duas variedades de feijão caupi**. 2018. Monografia (Graduação). Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha.

BARROS, A. S.; FARIAS, L. M.; MARINHO, J. L. A. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Caracterização da Cobertura Vegetativa de Juazeiro Do Norte – CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 06, 2020.

CAVALCANTE, A. C. P.; CAVALCANTE, A. G.; DINIZ, M. A.; MATOS, B. F.; DINIZ, B. L. M. T.; BERTINO, A. M. P. Inoculação das cultivares locais de feijão-caupi com estirpes de rizóbio. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 60, n. 1, p. 38-44, 2017.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 9, safra 2022/23, n. 1 primeiro levantamento, outubro. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 17 de outubro de 2022.

DE JESUS, C. M. *et al.* Adubação nitrogenada e estirpes de rizóbios eficientes no desenvolvimento e produtividade do feijão-caupi. **HOLOS**, v. 7, n. 39, 2024. DOI: 10.15628/holos.2023.10538. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/10538>. Acesso em: 11 Mai. 2024.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Árvore do Conhecimento: Feijão-caupi**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao-caupi>< Acesso em: 23 abr. 2024.

FILLA et al. Model performance in estimating the yield of common bean cultivars. **Revista Ciência Agronômica**, v. 54, e20217835, 2023. DOI: 10.5935/1806-6690.20230002. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rca/a/jVrgM7Cxc4BL6ZxSfpTFHxz/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 12 mai. 2024.

FRANCISCO, C. N. et al. Análise do impacto da correção atmosférica no cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada a partir de Imagem Landsat 8/OLI. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 01, 2020.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-Caupi no Brasil**: Produção, melhoramento genético, avanços e desafios. 1. ed. Teresina, PI: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84p.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, J. E. L. F.; VIEIRA, P. F. M. J. A cultura: aspectos socioeconômicos. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. **Feijão-Caupi do Plantio à Colheita**. 1. ed. 2017. p. 9-34.

FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. **Sensoriamento remoto em agricultura**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 288 p. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=hk88DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=sensoriamento+remoto+&ots=2MfkSgYPao&sig=ky70mSfPVVBVv5rT0fy-4-MGzhE#v=onepage&q&f=true>>. Acesso em: 23 out. 2022.

GALVANI, G.; ALVES, J.; SOUZA, R.; Consumidor poderá sentir efeito de falta de fertilizantes em 2022, diz economista. São Paulo, SP, 2021. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/consumidor-podera-sentir-efeito-de-falta-de-fertilizantes-em-2022-diz-economista/>> Acesso em: 09 de dezembro de 2021.

GEOGRAFIA DE GUANAMBI. Ache tudo e região: um mundo de informações em suas mãos, 2020. Disponível em: <<https://www.achetudoeregiao.com.br/ba/guanambi/localizacao.htm>> Acesso em: 11 de fevereiro de 2022.

HOLLER, W. A. et al. Câmeras modificadas e multiespectrais embarcadas em drones: enfoque para estudos da vegetação. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2022. 29 p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1145351>>. Acesso em: 18 out. 2022.

HUANG, S. *et al.* A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *Journal of Forestry Research* 32, 2020. Disponível em: < <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01155-1> > Acesso em: 23 out. 2022.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa soja, 2007. (Embrapa soja documentos, 283).

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Fixação Biológica de Nitrogênio. In: SEIXAS, C. D. S. et al. (org.). **Sistemas de Produção 17: Tecnologias de produção de soja**. 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 185-196.

MARTINS, R. N. L. et al. Nitrogênio e micronutrientes na produção de grãos de feijão-caupi inoculado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1577–1586, 2013. DOI: 10.5433/1679-0359.2013v34n4p1577. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/10676>. Acesso em: 11 mai. 2024.

MELO, F. de B.; CARDOSO, M. J. Solos e Adubação. In: **Cultivo de Feijão-Caupi**. Brasília, DF: Embrapa, 2017 (Embrapa meio-norte, Embrapa Amazônia Ocidental, Embrapa Agrobiologia. Sistema de Produção, 2).

MORAES, E. C. Fundamentos de Sensoriamento remoto. In: MAIO, A. et al. **Sensoriamento Remoto**. Agência Espacial Brasileira, 2008. p. 3-12.

ROCHA, H. G. S.; CASTRO, H. S.; FREITAS, J. R. B. Resposta de feijão-caupi à inoculação com estirpe de rizóbio. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**. v.4, n.2, p. 123-134, 2019.

SANDRINI, F. O. T. *et al.* Índices de vegetação na estimativa da produtividade do feijoeiro cultivado sob doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 14, n. 4, 2019.

SHIRATSUCHI, L. S. et al. Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão. In: BERNARDI, A. C. C. et al. Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2014. p. 58-73. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/207161/1/2014-cpamt-luciano->

[shiratsushi-sensoriamento-remoto-conceitos-basicos-aplicacoes-agricultura-precisao.pdf](#) >. Acesso em: 23 out. 2022.

SILVA, A. C.; VASCONCELOS, P. L. R.; MELO, L. D. F. A.; SILVA, V. S. G.; ANDRADE JÚNIOR, J. L. M.; SANTANA, M. B. Diagnóstico da produção de feijão-caupi no nordeste brasileiro. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v.16, n.2, 2018.

SILVA, C. F.; MOURA, M. F.; VILELA, Á. R. R.; ARAÚJO, M. B.; MARQUES, J. D. S. Produção de feijão-caupi em função do emprego de inoculante e adubos orgânicos e mineral. **Diversitas Journal**, v.4, n.3, p.1130–1145, 2019.

SOARES, Lucas; ARAÚJO, Selton. **Adubação nitrogenada e aplicação de brassinosteroides na cultura do feijão-caupi**. Capitão Poço – Pa, 2023. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Rural da Amazônia. Disponível em: ><https://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/3414>< Acesso em: 10 mai. 2024.

SOUSA, W. N.; BRITO, N. F.; BARROS, I. B.; SOUSA, J. T. R.; SIA, E. F.; REIS, I. M. S. Resposta do Feijão-Caupi à inoculação de *Bradyrhizobium japonicum*, adubação nitrogenada e nitrogênio do solo. **Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 298 – 308, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed Editora, f. 444, 2017. 888 p.

ZUMBA, J.S. **Cultivo de feijão-caupi com emprego de inoculante, adubos orgânicos e mineral**. 2016. 33f. Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E
TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO PRÓ-REITORIA DE ENSINO

ANEXO X

**TERMO DE DEPÓSITO DEFINITIVO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE
CURSO (TCC) – A SER ENTREGUE AO DOCENTE DA DISCIPLINA**

Pelo presente, eu Thamiris Carvalho Silva, acadêmico(a) do curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica, *Campus* Guanambi, Matrícula nº 20191GBI01GB0018, CPF nº 076.563.365-59, RG nº 21.366.432-15, Telefone(s): (77) 99947-6200, E-mail(s): thamycs.cte.10@gmail.com, encaminho a versão final do Trabalho de Conclusão de Curso, meu trabalho intitulado Variabilidade do índice NDVI e produtividade do Feijão-caupi sob efeito da inoculação e adubação nitrogenada, aprovado para depósito definitivo pelo(a) Professor(a) Orientador(a): Professor Leandro Gonçalves dos Santos requisito exigido para conclusão do curso.

Em 27 de agosto de 2024

Documento assinado digitalmente
gov.br THAMIRIS CARVALHO SILVA
Data: 27/08/2024 21:00:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do(a) estudante

Documento assinado digitalmente
gov.br LEANDRO GONCALVES DOS SANTOS
Data: 27/08/2024 21:33:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor(a) Orientador(a)

**ATIVIDADE DO(A) ACADÊMICO(A) DO BACHARELADO EM ENGENHARIA
AGRONÔMICA - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
PROTOCOLO DE ENTREGA (DEPÓSITO DEFINITIVO DO TCC)**

Aluno(a): Thamiris Carvalho Silva Matrícula: 20191GBI01GB0018
Data de Protocolo: 27/08/2024 Funcionário(a) Atendente: Roberta

Canhoto – Acadêmico(a) Bacharelado em
Engenharia Agrônômica, *Campus* Guanambi



PRÓ-REITORIA DE ENSINO (PROEN) – IF Baiano
Rua do Rouxinol, N° 115 / Salvador – Bahia – CEP: 41.720-052
Telefone: (71) 3186-0001. Email: proen@ifbaiano.edu.br
Site: <http://www.ifbaiano.edu.br>



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO PRÓ-REITORIA DE
ENSINO

ANEXO XI

AUTORIZAÇÃO DE DIVULGAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

1) IDENTIFICAÇÃO:

AUTOR	Thamiris Carvalho Silva
RG	21.366.432-15
FONE/EMAIL	(77) 99947-6200 thamycs.cte.10@gmail.com
VÍNCULO INSTITUCIONAL	20191GBI01GB0018
TÍTULO DO DOCUMENTO	Variabilidade do índice NDVI e produtividade do feijão-caupi sob efeito da inoculação e adubação nitrogenada.

2) DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO (ASSINALE UMA DAS OPÇÕES):

(x) Declara que o documento em questão é seu trabalho original, e que detém o direito de concedê-lo e que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;

() Declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para concedê-los ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

3) TERMO DE AUTORIZAÇÃO: Na qualidade de titular dos direitos de autor do conteúdo supracitado, autorizo a Biblioteca do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi, a disponibilizar a obra, gratuitamente em seu acervo impresso e/ou digital.

Vale ressaltar que a obra continua protegida por Direito Autoral sob a LEI Número 9.610 de 19 de FEVEREIRO de 1998 – DOU DE 20/2/98.

Documento assinado digitalmente
gov.br THAMIRIS CARVALHO SILVA
Data: 20/08/2024 19:23:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Em 20 de agosto de 2024

Assinatura do(a) estudante/autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



PRÓ-REITORIA DE ENSINO (PROEN) – IF Baiano
Rua do Rouxinol, N° 115 / Salvador – Bahia – CEP: 41.720-052
Telefone: (71) 3186-0001. Email: proen@ifbaiano.edu.br
Site:
<http://www.ifbaiano.edu.br>



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO**

ANEXO XV

TERMO DE RESPONSABILIDADE DE AUTORIA

Eu, Thamiris Carvalho Silva, Matrícula 20191GBI01GB0018, declaro conhecimento da Lei nº 9.610, de 19.02.98, que altera, atualiza e consolida a Legislação sobre Direitos Autorais, publicada no D.O.U. de 20.02.98, Seção I, pag. 3. Declaro, ainda, ser de minha inteira responsabilidade a autoria do texto apresentado no Trabalho de Conclusão de Curso sob o Título Variabilidade do índice NDVI e produtividade do Feijão-Caupi sob efeito da inoculação e da adubação nitrogenada caso seja indicada utilização indevida, ilegal de textos de autoria de terceiros [sob encomenda, mediante pagamento (ou não)], em desrespeito aos direitos autorais, estou ciente das implicações legais decorrentes do ato que caracteriza crime de plágio.

Em 19 de agosto de 2024

Documento assinado digitalmente
gov.br THAMIRIS CARVALHO SILVA
Data: 19/08/2024 15:33:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do(a) estudante

Documento Digitalizado Público

Documentos TCC Thamiris

Assunto: Documentos TCC Thamiris
Assinado por: Leandro Santos
Tipo do Documento: Diversos
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Público
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:
▪ **Leandro Goncalves dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 28/08/2024 19:56:30.

Este documento foi armazenado no SUAP em 28/08/2024. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifbaiano.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 900507
Código de Autenticação: 8a0d3ac208

