

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AGRÍCOLA

MARIA ISABEL POSTIL DA SILVA

**FEIJÃO CAUPI CULTIVADO EM SOLO PROVENIENTE DE ÁREA
DE PASTAGEM DE *Brachiaria brizantha* ADUBADA COM CINZA
VEGETAL E INOCULADO COM *Rhizobium tropici***

RONDONÓPOLIS – MT
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AGRÍCOLA

MARIA ISABEL POSTIL DA SILVA

**FEIJÃO CAUPI CULTIVADO EM SOLO PROVENIENTE DE ÁREA
DE PASTAGEM DE *Brachiaria brizantha* ADUBADA COM CINZA
VEGETAL E INOCULADO COM *Rhizobium tropici***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Mato Grosso, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Salomão Lima Guimarães

RONDONÓPOLIS – MT
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

P857f Postil da Silva, Maria Isabel.
FEIJÃO CAUPI CULTIVADO EM SOLO PROVENIENTE
DE ÁREA DE PASTAGEM DE *Brachiaria brizantha*
ADUBADA COM CINZA VEGETAL E INOCULADO COM
Rhizobium tropici / Maria Isabel Postil da Silva. -- 2021
48 f. ; 30 cm.

Orientador: Salomão Lima Guimarães.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato
Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola,
Rondonópolis, 2021.
Inclui bibliografia.

1. *Vigna unguiculata*. 2. capim paiaguás. 3. resíduos

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: FEIJÃO CAUPI CULTIVADO EM SOLO PROVENIENTE DE ÁREA DE PASTAGEM DE *Brachiaria brizantha* ADUBADA COM CINZA VEGETAL E INOCULADO COM *Rhizobium tropici*

AUTORA: MESTRANDA MARIA ISABEL POSTIL DA SILVA

Dissertação defendida e aprovada em 26 de agosto de 2021.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Doutor Salomão Lima Guimarães (Presidente Banca / Orientador)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

2. Doutora Edna Maria Bonfim da Silva (Examinador Interno)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

3. Doutora Daniela Tiago da Silva Campos (Examinador Externo)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

4. Doutor Tonny José Araújo da Silva (Examinador Suplente)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

RONDONÓPOLIS, 26/08/2021.



Documento assinado eletronicamente por **EDNA MARIA BONFIM DA SILVA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 26/08/2021, às 14:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **SALOMAO LIMA GUIMARAES, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 26/08/2021, às 18:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **DANIELA TIAGO DA SILVA CAMPOS, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 27/08/2021, às 15:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3848082** e o código CRC **10C8679F**.

Referência: Processo nº 23108.065707/2021-00

SEI nº 3848082

Aos meus pais e a todos os envolvidos nessa etapa.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me proporcionado esta oportunidade na minha vida, e por ser tão generoso em sua imensidão.

Agradeço aos meus pais Paulo Soares e Antônia Postil por todo o apoio e pela força para dar prosseguimento aos meus estudos, nunca conseguirei agradecer o suficiente.

Agradeço a minha esposa Leonária Matias por estar sempre ao meu lado me apoiando e dando força a todo momento.

Agradeço aos meus amigos Júlio Nonato por todo conselho, repreensão e por tudo que me ajudou, agradeço ainda a minha amiga Kellyane Pereira por sua amizade desde nossos primórdios acadêmicos até os dias atuais, e por ser sempre parceira.

Agradeço ainda ao meu amigo Christian Matheus por todo apoio e conversas nos períodos mais estressantes, me trazendo sempre boas perspectivas.

Agradeço imensamente a todos os momentos vivenciados pela turma 2019/1 e pelas turmas anteriores, por todas as conversas, ensinamentos que ocorreram.

Agradeço ainda a amizade desde a graduação da Rackel Danielly e Nahyara Caires sou imensamente alegre por passar por este período com vocês.

Agradeço ao Prof. Dr. Salomão Lima Guimarães por todos os ensinamentos e toda a orientação que o mesmo forneceu neste período sendo de imensa importância.

Agradeço a todos os professores e integrantes da equipe do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, que contribuíram imensamente de diversas formas e que sem os mesmos nada seria possível.

Ao grupo GPAS pelo apoio e auxílio da coleta do solo, permitindo o uso do solo proveniente da área de pastagem adubada com cinza vegetal.

À CAPES pelo apoio financeiro para o desenvolvimento dessa pesquisa.

RESUMO

FEIJÃO CAUPI CULTIVADO EM SOLO PROVENIENTE DE ÁREA DE PASTAGEM DE *Brachiaria brizantha* ADUBADA COM CINZA VEGETAL E INOCULADO COM *Rhizobium tropici*

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é considerado uma cultura rústica que se adapta a diversas condições de clima e solo, possuindo elevada variabilidade genética, garantindo-lhe versatilidade e uso em diversos sistemas de produção. Objetivou-se avaliar o desenvolvimento do feijão caupi cultivado em solo proveniente de área de pastagem de *Brachiaria brizantha* adubada com cinza vegetal e inoculado com *Rhizobium tropici*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada na Universidade Federal de Rondonópolis. O solo utilizado foi coletado em área proveniente do cultivo de *B. brizantha* cv Paiaguás, na qual foi aplicada cinza vegetal, nas doses de 0, 8, 16, 24 e 32 t ha⁻¹ e duas formas de aplicação da cinza: incorporada e não incorporada ao solo. Para o experimento em casa de vegetação, utilizou-se o mesmo esquema fatorial do cultivo a campo (5x2 – doses de cinza e formas de aplicação), onde coletou-se o solo nos pontos correspondentes a cada dose de cinza. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais, compostas por vasos com capacidade para 5 dm³ de solo e semeados com feijão caupi, cultivar BRS Imponente, e inoculados com a estirpe MT 15 de *R. tropici*. As variáveis analisadas foram altura de planta, índice de clorofila falker, diâmetro de caule, massa seca da parte aérea e de raiz, volume de raiz, número de nódulos e concentração de nitrogênio da parte aérea, raiz e parte aérea + raiz. As máximas produções do feijão caupi foram observadas no intervalo das doses de cinza vegetal entre 16 a 32 t ha⁻¹, excetuando o número de nódulos e concentração de nitrogênio da raiz, que não obtiveram resultados significativos. Além disso, as análises de concentração de nitrogênio da parte aérea e parte aérea + raiz apresentaram melhor resultado sem a adição da cinza vegetal, independente do manejo. A cinza vegetal demonstrou eficiência como fertilizante, com destaque para o manejo incorporado e inoculação da estirpe MT15, fixadora do nitrogênio necessário ao desenvolvimento das plantas de feijão caupi.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*; capim paiaguás; resíduos sólidos.

ABSTRACT

COWPEA CULTIVATED IN SOIL FROM PASTURE AREA OF *Brachiaria brizantha* FERTILIZED WITH VEGETABLE ASH AND INOCULATED WITH *Rhizobium tropici*

Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) is considered a rustic crop that adapts to different climate and soil conditions, with high genetic variability, ensuring its versatility and use in different production systems. The objective of this study was to evaluate the development of cowpea cultivated in soil from a *Brachiaria brizantha* pasture area fertilized with vegetable ash and inoculated with *Rhizobium tropici*. The experiment was carried out in a greenhouse, located at the Federal University of Rondonópolis. The soil used was collected in an area originating from the cultivation of *B. brizantha* cv Paiaguás, in which vegetable ash was applied at doses of 0, 8, 16, 24 and 32 t ha⁻¹ and two forms of ash application: incorporated and not incorporated into the soil. For the experiment in a greenhouse, the same factorial scheme of the field cultivation was used (5x2 – doses of ash and forms of application), where the soil was collected in the points corresponding to each dose of ash. The experimental design was completely randomized, with four replications, totaling 40 experimental units, composed of pots with capacity for 5 dm³ of soil and sown with cowpea, cultivar BRS Imponente, and inoculated with the MT 15 strain of *R. tropici*. The variables analyzed were plant height, falker chlorophyll index, stem diameter, shoot and root dry mass, root volume, number of nodules and nitrogen concentration in shoot, root and shoot + root. The maximum yields of cowpea were observed in the range of vegetable ash doses between 16 to 32 t ha⁻¹, except for the number of nodules and root nitrogen concentration, which did not obtain significant results. In addition, the analysis of nitrogen concentration of shoot and shoot + root showed better results without the addition of plant ash, regardless of management. Vegetable ash showed efficiency as a fertilizer, with emphasis on the incorporated management and inoculation of the MT15 strain, which fixes the nitrogen necessary for the development of cowpea plants.

Keywords: *Vigna unguiculata*; paiaguas grass; solid waste.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 Feijão caupi	9
2.4 Cinza vegetal	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Localização da área experimental.....	17
3.3 Condução do experimento	17
3.4 Material biológico utilizado	19
3.5 Controle fitossanitário	19
3.6 Variáveis analisadas	20
3.6.1 Altura de plantas	20
3.6.2 Diâmetro do caule	20
3.6.3 Índice de clorofila falker	20
3.6.4 Massa seca da parte aérea.....	20
3.6.5 Massa seca de raízes	21
3.6.7 Número de nódulos.....	21
3.6.8 Concentração de nitrogênio	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Altura de planta.....	25
4.2 Diâmetro do caule.....	26
4.3 Índice de clorofila falker	29
4.4 Volume de raiz	32
4.5 Massa seca de raiz	33
4.6 Massa seca da parte aérea.....	34
4.7 Concentração de nitrogênio parte aérea e concentração de nitrogênio parte aérea + raiz.....	36
5 CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é uma leguminosa rica em proteínas, sendo frequentemente usada como alimento em diversas regiões, principalmente nas áreas semiáridas do Nordeste brasileiro, onde é cultivado com maior frequência (SEBETHA et al., 2015).

Características como rusticidade fazem com o que o feijão caupi apresente elevada adaptabilidade e variabilidade genética, fornecendo resistência às variações de clima e solo, tornando-o excelente opção em diversos sistemas de produção, tradicionais ou modernos (DUTRA et al., 2007).

Os aspectos mais relevantes do feijão caupi referem-se a tolerância às altas temperaturas, desenvolvendo-se bem em solos de baixa fertilidade, além de realizar simbiose com diversos micro-organismos, a exemplo de bactérias do gênero *Rhizobium* e fungos micorrízicos arbusculares (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Os benefícios do uso das bactérias fixadoras de nitrogênio estão atrelados à redução da adubação nitrogenada, fornecimento do nitrogênio, redução nos custos de produção e emissão de gases do efeito estufa, e assim consequentemente diminuir os reflexos destes gases ao meio ambiente e a contaminação de recursos hídricos (MENDES, 2007).

Frente ao uso regular de fertilizantes minerais, outra alternativa que proporciona redução do impacto ambiental, é o uso da cinza vegetal, que demonstra também redução de custos ao produtor, sem comprometer a produtividade (FERREIRA et al., 2012).

O uso de cinza vegetal no setor agropecuário atua na restituição de parte dos nutrientes utilizados pelas culturas, otimizando a produção e redução do efeito poluente, diante da elevada quantidade de cinzas produzida (SANTOS et al., 2014).

Considerando a relevância da cultura do feijão caupi tanto para a agricultura como fonte de nutrientes para alimentação, atrelado com os benefícios apresentados referentes ao uso da cinza vegetal e da fixação biológica de nitrogênio, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento do feijão caupi cultivado em solo proveniente de área de

pastagem de *Brachiaria brizantha* adubada com cinza vegetal e inoculado com *Rhizobium tropici*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Feijão caupi

No Brasil é realizado o cultivo de diversas espécies de feijão, contudo, somente algumas são reconhecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Gualter et al., 2011), como por exemplo, o feijão comum e o caupi, apresentando elevada relevância social e econômica.

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é uma dicotiledônea que pertence à ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae*, gênero *Vigna*, seção *Catjangae* espécie *Vigna unguiculata*. Essa cultura teve origem no continente Africano, levada à América Latina no século XVI, por meio dos colonizadores espanhóis e portugueses, e inserida no território brasileiro através da Bahia (MENDES, 2017).

A região Nordeste brasileira lidera a produção nacional de feijão-caupi, com 409,3 mil t, seguida pelas regiões Centro-Oeste, com 155,3mil t, Norte, com 64 mil t e Sudeste com 9,1 mil t (CONAB, 2020). Nestas regiões são cultivados em maior número por pequenos agricultores, que optam por estas por conta de possuir um porte mais prostrado (SILVA et al., 2018).

A expansão do cultivo do feijão caupi para outras regiões como o Centro-Oeste, ocorre principalmente por conta de suas características de cultivo, que demonstram um porte ereto e compacto, adequando-se ao cultivo mecanizado para agricultura empresarial, além de estabelecer simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*. No estado de Mato Grosso, o cultivo é realizado em duas épocas, de forma que estas variam entre cultivares de ciclo médio na metade do período chuvoso, para ciclo super precoce, ocorrendo nos dois meses que antecedem o final das chuvas (FREIRE FILHO et al., 2017).

2.2 Nitrogênio X feijão-caupi

O nitrogênio é nutriente que está na composição de vários compostos como vitaminas, proteínas e aminoácidos. Além disto pode se apresentar como nitrato e fica contido no vacúolo celular, e a maior relevância é relacionada ao equilíbrio das cargas no decorrer do processo de absorção de cátions e ânions (SILVA NETO et al., 2013).

A grande parte do nitrogênio encontrado no solo está na forma orgânica, enquanto uma pequena parcela se encontra na forma inorgânica. O nitrogênio orgânico, por meio da ação de micro-organismos do solo, sofre processo de mineralização, tornando-o mais disponível para as plantas. Entretanto, a fração inorgânica encontrada no solo, além de ser relativamente insolúvel, possui baixa mobilidade, dificultando a absorção pelas plantas (TAIZ, 2016).

Em sua composição, a maior reserva de nitrogênio no solo está associada à matéria orgânica, representando um percentual maior que 90% do nitrogênio total do solo, o qual se encontra disponível para as plantas, na forma mineral assimilável, especialmente na forma de nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+) sendo disponibilizado de lentamente para as plantas (VERA et al., 2019).

A obtenção do nitrogênio da atmosfera necessita da quebra da tripla ligação covalente, que existe entre os dois átomos, resultando na produção de amônia (NH_3). Esta reação denominada de fixação do nitrogênio, pode ser obtida por meio de processos industriais, de forma natural (eletroquímica) e fixação biológica de nitrogênio (TAIZ, 2016).

O manejo do nitrogênio quando feito de forma adequada tanto no solo como na planta, pode acarretar em resultado mais elevado no desempenho das culturas. Sendo assim, a adubação com nitrogênio ou a inoculação das sementes com rizóbio, no caso das leguminosas, tendem a ser utilizadas com o intuito de aumentar a produção (VERA et al., 2019).

A deficiência de nitrogênio pode acarretar vários reflexos, como a redução da produtividade, tendo em vista que elevada quantidade do nutriente é armazenado nas folhas e, após o florescimento, serão translocados para formar as vagens e grãos (Bettiol, 2015). Devido à sua relação com as proteínas, a

deficiência de nitrogênio causa a clorose nas folhas mais antigas, devido a fácil mobilidade deste nutriente no interior da planta (MALAVOLTA, 2006).

2.3 Fixação biológica de nitrogênio

Döbereiner (1997) relata que a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) começou a ser estudada por conta do elevado gasto com fertilizantes nitrogenados (70% dos custos dos fertilizantes), considerando assim uma opção útil o uso de micro-organismos que desempenham este processo, apresentando como um avanço na biotecnologia.

A FBN é um processo de cunho natural que desempenha uma função de suma importância para o planeta, ao lado da fotossíntese. Esta relevância é em decorrência do nitrogênio ser um macro nutriente que atua no decorrer do crescimento dos vegetais, além de estar presente na composição de vários processos bioquímicos da planta, localizando-se principalmente nos cloroplastos das folhas sendo relevante para atividade fotossintética (COSTA et al., 2011).

Quando ocorre a fixação biológica de nitrogênio, realiza-se a transformação do elemento que está presente no ar na forma de N_2 , para a composição que pode ser assimilada pela planta, realizando a quebra da tripla ligação que existe entre as moléculas de nitrogênio, é realizado fazendo uso de uma enzima denominada de nitrogenase (SILVA et al., 2019).

Realizando a fixação biológica de nitrogênio existe a possibilidade de reduzir o uso de adubação química nitrogenada, considerando que o mesmo possui um alto custo. Além disso, o uso abusivo pode acarretar diversos problemas, como poluição de mananciais hídricos, além de contribuir com a redução da camada de ozônio (Marcon, 2017). Grande parte das plantações de soja são beneficiadas pela FBN, não realizando assim a recomendação de fertilizantes nitrogenados nessa cultura (COSTA et al., 2011).

As bactérias formadoras de nódulos nas raízes geralmente anteriormente eram classificadas como da espécie *Rhizobium japonicum* (Seido; Santos., 2019). Com o decorrer das análises e estudos realizados referindo-se a taxonomia das bactérias observaram-se diversas diferenças, de maneira particular as que se referem a genética, entre as estirpes dessas bactérias

(equivalente a cultivares de plantas ou raças de patógenos), resultando em uma nova classificação em duas novas espécies, *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii*. Em linguagem popular, essas bactérias são, muitas vezes, denominadas somente de rizóbio ou bradirrizóbio (ANTUNES et al., 2019).

O grupo *Rhizobium* possui a habilidade de realizar a fixação de nitrogênio atmosférico e fornecê-lo à planta. Esta relação consiste em uma simbiose, ou de mais especificadamente uma interação mútua, nesta a bactéria é beneficiada com o fornecimento de fotossintatos ou carbono orgânico que são obtidos da planta hospedeira, ao mesmo tempo a planta recebe do nitrogênio fixado por meio do rizóbio micro simbiontes em sua forma amoniacal, assimilando-os como compostos nitrogenados que são transcolados (CASSINI; FRANCO, 2011).

Rizóbios são bactérias Gram-negativas, e estas por sua vez não formam endosporos, e possuem o comprimento variando de 0,5 a 0,9 micrômetros e de diâmetro 1,2 a 3,0 micrômetros. São bactérias quimiorganotróficas, e possuem um metabolismo aeróbio conseguindo crescer sob tensões de oxigênio inferiores a 0,01 atm. A temperatura ótima de crescimento varia de 25 a 35°C e pH de 5,0 a 8,5, desenvolvendo-se de maneira otimizada em meios que possuam extrato de levedura ou outros extratos de plantas, sais minerais, e como fonte de açúcar, manitol ou glucose (JORDAN e ALLEN, 1975).

Os rizóbios são bactérias que no decorrer da realização da simbiose formam estruturas especializadas, os nódulos, estruturas que ficam situadas nas raízes de leguminosas, característica típica desta interação. O desenvolvimento da formação de nódulos em leguminosa demanda de um reconhecimento específico entre rizóbios e leguminosa, envolvendo complexos mecanismos que atuam sinalizando na transdução de sinais moleculares (SILVA et al., 2019).

A invasão à planta inicia-se no momento em que os rizóbios são presos entre as paredes celulares dos pelos radiculares da planta, esta ação é decorrente da invaginação da parede celular desses locais, proporcionando um processo de infecção, que por sua vez origina um canal no qual as bactérias adentram ao citoplasma das células das raízes, promovendo a estruturação do nódulo radicular primordial. Posteriormente à formação do nódulo, o rizóbio torna-se um bacteroide multiplicando-se e iniciando a síntese da nitrogenase,

que é a enzima que realiza a redução do nitrogênio partindo para a fixação (HUNGRIA et al., 2007).

A relação existente inicialmente para formação de nódulos tem evoluído cada vez mais por conta do ato de identificar aquelas que não produzem nódulos mesmo quando possuem a presença de bactérias fixadoras de nitrogênio. A ausência da nodulação consiste em algo controlado pela planta hospedeira por meio da liberação de elementos fenólicos que não são compatíveis com os régios promotores de nodulação, e estas por sua vez possuem a responsabilidade de induzir a transcrição da bactéria genes essenciais para a nodulação (SEIDO; SANTOS., 2019).

Para a formação dos nódulos primeiramente realiza-se a liberação de flavonóides e isoflavonóides por meio das raízes das leguminosas, reconhecidos pelas bactérias diazotróficas e ativando os genes da nodulação (nod, noe, nol), considerando que os mesmos são especificadamente destas bactérias (SILVA et al., 2019). Estes genes de nodulação possuem envolvimento no processo de síntese dos denominados fatores de nodulação (Fator Nod), que são lipoquitoligossacarídeos (LQO) elementares para formar os nódulos e determinar especificidade da planta hospedeira (SILVA et al., 2019).

A liberação dos fatores de nodulação por meio das bactérias induz mudanças nas raízes das leguminosas, resultando no encurvamento dos pelos radiculares, alcalinização do meio extra radicular, oscilação na concentração de Ca^{+} , formação do cordão de infecção e do primórdio nodular (ANTUNES et al., 2019).

Mesmo com a capacidade de conseguir conviver em ambientes diferentes as bactérias diazotróficas fazem uso de uma estrutura bioquímica para realizar a FBN, sendo esta a enzima nitrogenase, contendo a função de atuar como sendo um catalisador para agir no decorrer do processo de redução do N-atmosférico a N-amoniacal (N-combinado), que consiste na composição que a planta consegue assimilar. Por meio de diversos trabalhos estabeleceu-se a existência de sistemas alternativos da nitrogenase, geneticamente independentes: nitrogenase 1, dependente de molibdênio (Mo) e ferro (Fe) e codificada por genes nif; nitrogenase 2, dependente de Vanádio (V) e codificada

por genes *vnf* e nitrogenase 3, dependente de Ferro (Fe) e codificada por genes *anf* (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A nitrogenase possui uma grande sensibilidade ao oxigênio, devido ao fato de provocar a desnaturação dos componentes proteicos. Os micro-organismos que fixam N₂ possuem características que os fazem capazes de proteger a nitrogenase da atividade do oxigênio (DROZDOWICZ, 1997).

A ferramenta mais eficiente para proteção da nitrogenase é o que ocorre na simbiose de rizóbio com leguminosas. O interior dos nódulos possui proteínas que atuam de maneira semelhante à hemoglobina, denominada de leg-hemoglobina, e possui a função de encaminhar o oxigênio necessário para realizar a respiração dos bacteroides (denominação das bactérias intranodulares), de maneira a obter energia para ocorrer a redução do N-atmosférico a amônio (NH₄⁺) (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Além disso, esta proteína mantém o oxigênio associado, impedindo que o oxigênio livre acabe exercendo reflexo sobre o funcionamento da nitrogenase, a leg-hemoglobina atribui uma coloração vermelha para o interior dos nódulos que estão ativos, aqueles que não contém esta coloração e estão brancos ou esverdeados são os que não estão fixando nitrogênio (ANTUNES et al., 2019).

A existência de uma relação rizóbio-leguminosa satisfatória demonstra a quantidade de nitrogênio que a planta precisa seja totalmente suprida pela FBN (Cavalcante et al., 2017). Contudo, além desta relação o processo da FBN necessita da junção de outros aspectos como temperatura, umidade, características químicas e físicas do solo, que exercem influência tanto na planta quanto a bactéria.

2.4 Cinza vegetal

A cinza é considerada o produto resultante da realização da queima de material vegetal, possuindo consistência sólida e de coloração acinzentada proveniente da queima completa de quaisquer que sejam o material orgânico (Coelho; Costa 2007). No decorrer do processo de combustão da biomassa, a matriz orgânica é consumida, resultando em emissões gasosas e cinza (JENKINS et al., 1998).

Devido à geração em grande quantidade destes resíduos sólidos por meio do setor da indústria, observa-se uma problemática referente à destinação desse subproduto, considerando que diversas vezes é depositado no meio ambiente sem possuir o tratamento adequado (Väättäinen et al., 2011). Uma das alternativas para a destinação deste material seria o uso destas cinzas para ser usada como fertilizante e corretivo para as plantas em solos que possuem elevada acidez, auxiliando na reposição de nutrientes que são utilizados no cultivo das plantas no decorrer da safra, reduzindo o uso de corretivos e fertilizantes comerciais, e consequentemente os custos de produção (BEZERRA et al., 2016).

O uso da cinza vegetal está relacionado a diversos fatores como a necessidade de destinação para os resíduos provenientes da queima vegetal, além de considerar a atuação deste produto como fertilizante, pois reduz os riscos de uso inadequado de fertilizantes químicos e minimizando os reflexos ao meio ambiente (BONFIM-SILVA et al, 2019).

As cinzas vegetais são frequentemente utilizadas na agricultura, atuando na reposição de nutrientes perdidos ou por meio da lixiviação, ou demandado pela cultura, sendo que isto está relacionado com a sua composição contendo diversos elementos que são essenciais para o crescimento das plantas, por ser alcalino acaba alterando o pH do solo (BEZERRA et al., 2016).

Esse material pode exercer a função como corretivo e fertilizante do solo, devido ao fato de possuir altos níveis de óxidos, hidróxidos e carbonatos de cálcio e magnésio, podendo auxiliar a reduzir o teor de alumínio contido no solo (Haraldsen et al., 2011). Contudo, para fazer uso de cinza vegetal, necessita-se de uma certa compreensão da matéria-prima de origem, além de conhecer o solo no qual o resíduo será aplicado e a cultura a ser utilizada, com o intuito de evitar ou reduzir doses elevadas que possam prejudicar a planta (VÄÄTÄINEN et al., 2011).

A cinza de eucalipto possui em sua composição além dos macros, micronutrientes que possuem grande relevância para o crescimento das plantas, como o cobre, zinco, ferro e boro (Darolt; Osaki, 1991). A disponibilização destes nutrientes contribui para o aumento da produtividade (HARALDSEN et al., 2011).

Para fazer uso das cinzas provenientes de materiais vegetais é necessário conhecimento sobre o processo de ciclagem de nutrientes, dos elementos que estão contidos no resíduo, não se referindo somente as quantidades de nutrientes, sendo necessário conhecimento acerca das características de liberação dos mesmos no solo (VÄÄTÄINEN et al., 2011).

O uso da cinza de casca de arroz, demonstrou incrementos na produtividade de arroz em Cambissolo, sendo que este resultado foi observado tanto combinado com resíduos industriais como também quando aplicado de forma isolada, modificando aspectos dos aspectos físicos do solo como a redução da densidade do solo e elevação da porosidade total. Estas informações corroboram para reafirmar que a cinza vegetal contém a capacidade de modificar as características físicas e químicas do solo (KARMAKAR et al., 2010).

Souza et al. (2013), realizando estudo referente ao efeito da cinza de caldeira sobre as características químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo, observaram que as doses de cinza de caldeira (0; 4; 8; 12 e 16 Mg ha⁻¹), aumentaram o pH e as concentrações de Ca, Mg, P e K do solo de forma linear, sendo que isto é proveniente da capacidade da cinza de realizar a neutralização do alumínio trocável do solo, realizando também o crescimento das plantas.

No trabalho conduzido por Bezerra et al. (2016) avaliando *Brachiaria brizanta* cv. Marandu em resposta à aplicação de doses de cinza vegetal em duas classes de solos (Latosolo Vermelho e Argissolo Vermelho-Amarelo), a cinza vegetal atuou tanto como corretivo quanto como fertilizante, auxiliando no desenvolvimento, crescimento e produção do capim-marandu.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada na Universidade Federal de Rondonópolis, com as coordenadas geográficas 16° 28' Latitude Sul, 50° 34' Longitude Oeste e altitude de 284m. Segundo a classificação de Köppen, é Aw (clima tropical com estação seca de inverno), possuindo precipitação média anual de aproximadamente 1690 mm (ALVARES et al., 2013).

3.2 Caracterização da cinza vegetal

A cinza vegetal utilizada foi proveniente da queima de materiais vegetais de caldeira de indústria de alimentos, situada na cidade de Rondonópolis - MT. Constituída basicamente da queima de eucalipto, cujo resíduo foi submetido à caracterização química (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química da cinza de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) utilizada em área de pastagem de *Brachiaria brizantha*.

PRNT	PN	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	Zn	Cu	Mn	B	K ₂ O	Ca	S - SO ₄	Mg	Fe
Total														
-----%														
24,76	30,00	9,10	6,50	0,49	0,79	0,02	0,01	0,04	0,04	3,25	4,96	0,60	4,20	0,72

3.3 Condução do experimento

O solo utilizado foi Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2018) coletado em área proveniente do cultivo de *B. brizantha* cv Paiaguás na qual foi aplicada cinza vegetal, nas doses de 0, 8, 16, 24 e 32 t ha⁻¹ e duas formas de aplicação da cinza: incorporada e não incorporada ao solo. Devido à baixa concentração de nitrogênio na cinza vegetal, foi realizada adubação nitrogenada com ureia na proporção de 100 Kg de ureia ha⁻¹.

Para o experimento em casa de vegetação, utilizou-se o mesmo esquema fatorial do cultivo a campo (5x2 – doses de cinza e formas de aplicação), onde coletou-se o solo nos pontos correspondentes a cada dose de cinza. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais, compostas por vasos com capacidade para 5 dm³ de solo e semeados com feijão caupi, cultivar BRS Imponente, e inoculados com a estirpe MT 15 de *R. tropici*.

A cultivar de feijão caupi utilizada foi a BRS Imponente, a qual apresenta como características o porte semiereto, ramos laterais curtos, ciclo de maturação precoce e inserção das vagens acima do nível da folhagem (EMBRAPA, 2016).

A análise de pH foi realizada para mensurar o nível de alcalinidade ou acidez do solo, considerando que a acidez do solo atua como um fator limitante para o cultivo, decorrente da toxidez causada por alumínio, limitando o desenvolvimento das raízes das plantas, além disto os nutrientes possuem sua disponibilidade prejudicada decorrente das condições do pH baixo, em consequência da acidez do solo (VAN RAIJ, 2011). Para esta análise coletou-se 3 amostras de cada unidade experimental, e estas foram secas ao ar, e em seguida peneiradas em malha de 2 mm.

Na realização dessa análise, utilizou-se um cachimbo de volume 10 cm³ retirando uma amostra de solo de cada unidade experimental. Em seguida, 25 mL de uma solução de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ foi pipetada em cada amostra de solo e posteriormente levadas ao peagâmetro para medição. O pH variou de 5,8 a 7,0, não sendo necessária a realização da calagem, uma vez que a cinza vegetal atuou como corretivo da acidez do solo.

A capacidade máxima de retenção de água do solo foi determinada em laboratório pelo método gravimétrico, no qual os vasos contendo terra fina seca ao ar, foram pesados e colocados em bandejas plásticas. Adicionou-se água até completar dois terços da altura dos vasos, para que houvesse a saturação do solo pela capilaridade, retirando todo o oxigênio contido em seus poros. Após este processo, os vasos foram retirados da bandeja e colocados sobre um suporte para realizar a drenagem da água não retida e, ao finalizar esta etapa, os vasos foram novamente pesados, e pela diferença obteve-se a capacidade de retenção de água (BONFIM-SILVA et al., 2011).

Para condução do experimento, a umidade do solo foi mantida em 60% da sua capacidade de campo, com duas pesagens diárias das unidades experimentais, no período da matutino e vespertino, de modo a repor a água perdida por evapotranspiração.

Os valores referentes à necessidade de adubação fosfatada e potássica (K_2O e P_2O_5) do feijão caupi no solo para o crescimento é de 42 kg ha^{-1} e 26 kg ha^{-1} respectivamente (EMBRAPA, 2017). Ao analisar a tabela 1, referente a composição da cinza vegetal, nos valores que se referem ao fósforo e potássio (0,79 e 3,25%), observou-se que não houve necessidade de adubação para suprir a demanda desses nutrientes.

Para a adubação com micronutrientes, utilizou-se o FTE BR12, composto por enxofre (3,9%), boro (1,8%), cobre (0,85%), manganês (2,0%), zinco (9,0%), com dose de 50 mg/dm^{-3} totalizando 250 mg por vaso (EMBRAPA, 2017).

A semeadura foi realizada com 10 sementes por vaso, e posteriormente ao desbaste, foram mantidas quatro plantas.

3.4 Material biológico utilizado

Para suprir a demanda de nitrogênio pelas plantas de feijão caupi, utilizou-se a estirpe MT 15 de *R. tropici*, isolada de plantas de feijão caupi, a qual foi multiplicada em meio de cultura YMA (Fred e Waksman, 1928). Após a multiplicação, uma alíquota de 5 mL do caldo bacteriano (10^{-9} UFC mL^{-1}) foi aplicada em cada vaso, próximo ao sistema radicular das plantas (GUIMARÃES et al., 2015).

3.5 Controle fitossanitário

No decorrer do experimento verificou-se que as plantas foram infestadas por mancha angular (*Isariopsis griseola*), e para controle utilizou-se difenoconazol (FERREIRA et al., 2019).

Observou-se também infestação por tripes (*Caliothrips phaseoli*), cujo tratamento foi feito por meio da aplicação de óleo de nim (*Azadirachta indica* A. Juss), com dosagem seguindo a recomendação do fabricante.

3.6 Variáveis analisadas

3.6.1 Altura de plantas

A altura das plantas foi avaliada aos 16, 32 e 48 dias após a emergência, sendo que o início desta análise foi aos 16 DAE, devido ao estágio V3 de crescimento vegetativo do feijão caupi no qual surge a primeira folha trifoliolada, com trifólios separados e completamente abertos (FREITAS, 2010).

Essa variável foi analisada com o auxílio de uma trena, medindo da superfície do solo até a extremidade do caule principal das plantas, adotando-se o valor da média das quatro plantas observada em cada unidade experimental.

3.6.2 Diâmetro do caule

O diâmetro do caule das plantas de feijão caupi foi determinado por meio de paquímetro digital, com leituras realizadas aos 16, 32 e 48 dias após a emergência.

3.6.3 Índice de clorofila falker

Para a quantificação do índice de clorofila, utilizou-se o clorofilômetro ClorofiLOG® falker, o qual fornece medições indiretas dos teores das clorofilas a b e total (a+b). A leitura foi feita em folhas aleatórias no terço médio das plantas de cada unidade experimental, evitando-se as nervuras das folhas. As verificações foram realizadas em três pontos por folha, e em quatro plantas por parcela. As medições foram realizadas aos 16, 32 e 48 dias após a emergência.

3.6.4 Massa seca da parte aérea

As plantas foram coletadas aos 48 DAE, considerando que o corte foi rente ao solo. A massa seca da parte aérea foi quantificada contendo em sua composição caule e folhas, e as amostras acondicionadas em sacos de papel e inseridas em estufa de circulação forçada de ar à 65 °C durante 72 horas até atingir peso seco constante (SILVA; QUEIROZ, 2006; ROCHA, 2016).

3.6.5 Massa seca de raízes

As raízes foram coletadas aos 48 DAE, lavadas em peneira de 2 mm e acondicionadas em sacos de papel, e inseridas em estufa a 65°C por um período de 72 horas. Em seguida, as amostras foram pesadas em balança semianalítica.

3.6.6 Volume de raízes

O volume de raiz foi determinado aos 48 DAE, usando o método de Arquimedes, com a imersão das raízes em um recipiente volumétrico contendo água, desta forma o volume de água deslocado refere-se ao volume de raiz em cm³ (BOUMA et al., 2000).

3.6.7 Número de nódulos

Para a determinação do número de nódulos aos 48 DAE, as raízes foram coletas e posteriormente fez a contagem manual para cada unidade experimental.

3.6.8 Concentração de nitrogênio

Para a determinação da concentração de nitrogênio na planta e nas raízes, as amostras foram processadas em moinho tipo Willey, e posteriormente submetidas ao método Kjeldahl, o qual é dividido em três etapas principais: a digestão, destilação e a titulação.

Na primeira etapa (digestão) aconteceu o aquecimento da amostra com ácido sulfúrico concentrado com o intuito de que o carbono e hidrogênio sejam totalmente oxidados, adicionou-se uma mistura catalítica objetivando elevar a temperatura de ebulição do ácido e a velocidade de oxidação da matéria orgânica. No decorrer da digestão, o carbono é transformado em dióxido de carbono (CO₂) e o hidrogênio em água (MAPA, 2013). O nitrogênio que se encontra nas seguintes formas amina, amida e nitrila, são transformados em amônia (NH₃) que reage com o H₂SO₄, resultando no sulfato de amônio (GALVANI e GAERTNER, 2006).

Na destilação o intuito é transformar o nitrogênio em sulfato de amônio (NH_4^+) para NH_3 gasoso. Com adição de NaOH concentrado e com o aquecimento, libera a amônia que possui sua separação da mistura através da destilação. O gás reagi com uma solução de ácido bórico, formando borato de amônio (MAPA, 2013).

A destilação foi realizada através do aquecimento direto, o sulfato de amônio foi tratado com hidróxido de sódio (NaOH), em excesso, realizando a liberação de amônia (Galvani e Gaertner, 2006). Quando adicionado o do NaOH fez-se uso de algumas gotas de solução indicadora, no destilador, devido ao fato da amônia que é liberada no decorrer da reação é coletada num frasco contendo ácido bórico (H_3BO_3) como indicador, e este encontra-se acoplado ao conjunto da destilação (GALVANI e GAERTNER, 2006).

Na última etapa, ocorreu a titulação, consiste na titulação do borato de amônio com uma solução de ácido sulfúrico ou de ácido clorídrico padronizada (HCl) até a viragem do indicador.

As quantidades de H_2SO_4 usadas nas amostras determinara a porcentagem de nitrogênio calculada a partir da seguinte equação:

$$N(\%) = \frac{(mL \text{ H}_2\text{SO}_4) * 1,4 * (\text{normalidade do ácido})}{(\text{Peso da amostra})}$$

3.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao serem observadas diferenças significativas, para o fator qualitativo (manejo de aplicação) a comparação entre médias foi feita pelo teste Tukey até 10% de probabilidade e para avaliação dos efeitos de doses de cinza vegetal, o dados foram submetidos à análise de regressão. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR, de acordo com FERREIRA (2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise de variância apresentada na Tabela 2, observou-se que as variáveis altura de planta e índice de clorofila (32 DAE), altura de planta, número de nódulos e teor de nitrogênio das raízes (48 DAE) não apresentaram diferença significativa.

As variáveis que apresentaram diferença significativa foram altura de plantas, diâmetro de caule e índice de clorofila Falker (16 DAE), diâmetro de caule (32 DAE), volume de raiz, massa seca da parte aérea, massa seca de raiz, teor de nitrogênio da parte aérea e teor de nitrogênio na parte aérea + raiz, aos 48 DAE (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da ANOVA para as variáveis altura de planta, diâmetro de caule, índice de clorofila, volume de raiz, número de nódulos, MSPA= massa seca da parte aérea, MSR= massa seca da raiz, Teor de N na MSPA, Teor de N na MSR e Teor de N parte aérea + raiz.

16 DAE					
Fonte de Variação	GL	Altura de planta	Diâmetro de caule	Índice de clorofila	
Doses de cinza vegetal	4	159,826 ⁰	3,928**	5,490*	
Aplicação	1	209,260 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,226 ^{ns}	
Doses*aplicação	4	79,022 ^{ns}	0,673 ^{ns}	1,763 ^{ns}	
Erro	30	77,531	0,575	1,662	
CV%		30,1	14,36	16,79	
Média		29,26	5,3	7,68	
32 DAE					
Fonte de Variação	GL	Altura de planta	Diâmetro de caule	Índice de clorofila	
Doses de cinza vegetal	4	128,918 ^{ns}	7,431***	4,959 ^{ns}	
Aplicação	1	50,490 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,026 ^{ns}	
Doses*aplicação	4	85,646 ^{ns}	0,164 ^{ns}	0,153 ^{ns}	
Erro	30	103,77	0,894	3,297	
CV%		30,68	18,27	23,85	
Média		33,2	5,18	7,61	
48 DAE					
Fonte de Variação	GL	Altura de planta	Diâmetro de caule	Índice de clorofila	
Doses de cinza vegetal	4	320,679 ^{ns}	12,612**	9,819 ⁰	
Aplicação	1	70,942 ^{ns}	0,376 ^{ns}	11,109 ^{ns}	
Doses*aplicação	4	75,990 ^{ns}	0,483 ^{ns}	8,298 ⁰	
Erro	30	2,044	2,044	3,853	
CV%		41,96	25,23	27,96	
Média		31,46	5,7	7,02	
48 DAE					
Fonte de Variação	GL	Volume de raiz	Nº de nódulos	MSPA	MSR
Doses de cinza vegetal	4	0,020 ⁰	0,277 ^{ns}	391,769*	1,666 ⁰
Aplicação	1	0,004 ^{ns}	0,063 ^{ns}	278,988 ⁰	0,271 ^{ns}
Doses*aplicação	4	0,007 ^{ns}	0,125 ^{ns}	37,979 ^{ns}	0,805 ^{ns}
Erro	30	0,009	0,279	92,572	0,69
CV%		43,81	30,74	65	30,83
Média		0,21	1,71	14,8	2,69
48 DAE					
Fonte de Variação	GL	Teor de N na MSPA	Teor de N na MSR	Teor de N parte aérea + raiz	
Doses de cinza vegetal	4	83, 251 *	12,500 ^{ns}	860,010***	
Aplicação	1	3,130 ^{ns}	22,500 ^{ns}	155,452 ^{ns}	
Doses*aplicação	4	41, 846 ^{ns}	5,125 ^{ns}	169,667 ^{ns}	
Erro	30	24,1	11,633	89,44	
CV%		37,11	34,11	36,21	
Média		13,23	10	26,12	

***, **, *, ⁰, significativo a 0,1, 1, 5 e 10%, respectivamente

ns, não significativo. MSPA= Massa seca da parte aérea; MSR= Massa seca de raiz.

4.1 Altura de planta

Para a altura de planta, ocorreu diferença significativa somente aos 16 dias após a emergência (DAE) e não houve interação entre os métodos de aplicação e a cinza vegetal. Efeito isolado foi observado em função das doses de cinza vegetal, com ajuste ao modelo de regressão linear, demonstrando que com o aumento dos níveis de cinza vegetal ocorreu, conjuntamente, o aumento na altura das plantas. O maior valor, 39,13 cm, foi obtido na dose de 32 t ha⁻¹, e quando comparada à ausência de cinza vegetal, observou-se um incremento de 163,93% (Figura 1).

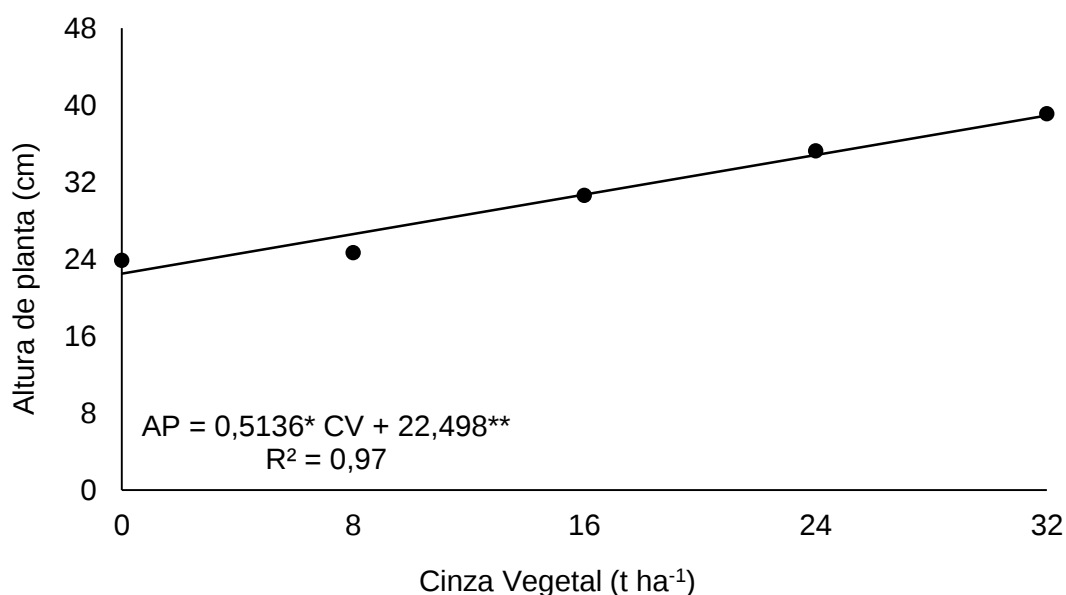


Figura 1. Altura de plantas de feijão-caupi aos 16 DAE cultivado em solo proveniente de área de pastagem adubada com cinza vegetal e inoculado com *R. tropici*. AP = Altura de plantas; CV = Cinza vegetal. *, *** Significativo a 5 e 0,1% de probabilidade estatística, respectivamente.

Cortez (2016) argumenta que esta variável possui relação com a absorção dos nutrientes do solo e as boas condições edafoclimáticas. O crescimento observado pelas plantas é proveniente da relação entre o nitrogênio e a evolução da planta.

Para Cardoso et al. (2011), dentre os nutrientes, frequentemente o nitrogênio é considerado o que possui maior reflexo no crescimento das plantas.

No caso deste experimento, o nitrogênio foi fornecido as plantas por meio da fixação biológica de nitrogênio, estabelecida pela simbiose com o *R. tropici*, considerando que o efeito residual proveniente da adubação nitrogenada foi reduzido, devido ao fato de que este nutriente foi utilizado por plantas de *B. brizantha* no processo de formação da pastagem. Segundo Xavier et al. (2008) um dos aspectos de maior relevância para as leguminosas consiste na capacidade de estabelecer simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, ou seja, realizarem a fixação biológica de nitrogênio.

De acordo com Haraldsen et al. (2011), o manejo de adubação com cinza vegetal aumenta o crescimento das plantas, além de incrementar a concentração de macro e micronutrientes e, por conta disso, otimiza a sua produtividade com o aumento das doses de cinza vegetal. Este aspecto além de relacionar-se com esta análise, corrobora também com outros parâmetros que estão atrelados ao fornecimento de nutrientes para as plantas, como massa seca de parte aérea, diâmetro de caule, índice de clorofila, volume de raiz, massa seca de raiz.

Ao realizar avaliação dos resultados provenientes da cinza de vegetal perante o crescimento das plantas de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), Bonfim-Silva et al. (2015) observaram a influência positiva para a altura de plantas com a aplicação de cinza.

4.2 Diâmetro do caule

Para a variável diâmetro de caule aos 16, 32 e 48 DAE, observou-se diferença significativa entre as doses de cinza vegetal. As melhores respostas apresentadas foram para os diâmetros 5,94, 6,69 e 9,41 mm, referentes às doses 27,19, 23,90 e 25,60 t ha⁻¹ (Figuras 2 A, B e C), proporcionando incremento superior a 30% quando comparado a dose 0 t ha⁻¹.

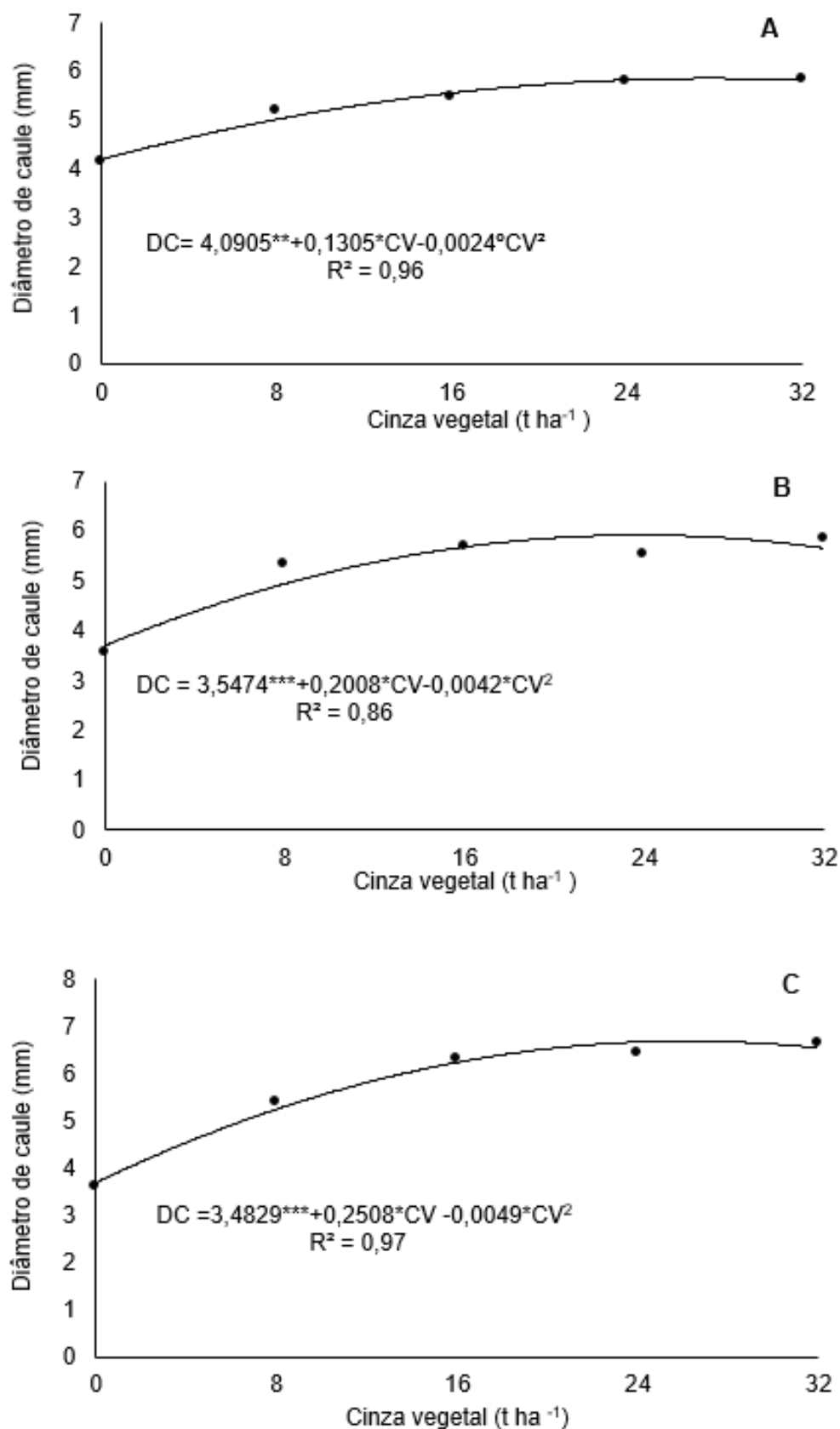


Figura 2. Diâmetro de caule de plantas de feijão-caupi aos 16 (A), 32 (B), 48 (C) dias cultivado em solo proveniente de área de pastagem adubada com cinza vegetal e inoculado com *R. tropici*.

DC = Diâmetro de caule; CV = Cinza vegetal. ***, **, *, °, significativo a, 1, 5 e 10% probabilidade estatística, respectivamente.

Os valores obtidos para o diâmetro do caule corroboram com o relatado por Bonfim-Silva et al. (2013), em que a cinza vegetal utilizada como fertilizante acarretou um incremento de 23,57% quando comparada a menor dose (0 t ha⁻¹) com a maior (64 t ha⁻¹), demonstrando assim que as plantas em presença de maior quantidade de cinza vegetal apresentam maior diâmetro do caule.

Desta maneira, a elevação do diâmetro do caule demonstra a relevância da cinza vegetal frente ao fornecimento de nutrientes às plantas, auxiliando de maneira significativa o processo de desenvolvimento da cultura. Sendo que este fato é devido a atuação do caule como um órgão de armazenamento.

O caule é o órgão da planta que atua no suporte mecânico para folhas, flores e frutos, além de possuir a responsabilidade de dispor destas partes na planta. Suas funções vão além de atribuir sustentação da parte aérea da planta, o caule pode desempenhar outras funções, como: conduzir água e sais minerais da raiz para a copa; conduzindo os açúcares, aminoácidos, hormônios e outros e armazenamento de reservas nutritivas (CORTEZ, 2016).

Esta relação entre o armazenamento de nutrientes e o fornecimento dos mesmos pela cinza vegetal e o período de disponibilização destes para a planta, demonstram-se por meio dos resultados observados na Figura 2, que apresenta um maior diâmetro de caule (mm) na dose de 32 t ha⁻¹ aos 48 DAE.

Os dados obtidos no presente trabalho corroboram com Pereira (2014), que ao avaliar as características estruturais do feijão de porco (*Canavalia ensiformes* L.) em função da correção de acidez e fertilização de Latossolo Vermelho com cinza vegetal, identificando que o valor mais elevado obtido para este parâmetro foi de 9,42 mm na dose de 54,36 t ha⁻¹.

A partir da caracterização da cinza utilizada (tabela 1), notou-se que este resíduo contém em seus elementos quantidades consideráveis de macronutrientes e desta forma apresenta elevado potencial na adubação de plantas e como corretivo da acidez do solo.

4.3 Índice de clorofila falker

O índice de clorofila falker apresentou efeito significativo aos 16 e 48 DAE, para as doses de cinza vegetal isoladamente, e para a interação entre doses e formas de aplicação.

A dose de 21,07 t ha⁻¹ de cinza vegetal apresentou o maior índice de clorofila (82,07) aos 16 DAE. Essa dose de cinza proporcionou um incremento de 8% quando comparado ao tratamento sem a aplicação de cinza vegetal (Figura 3).

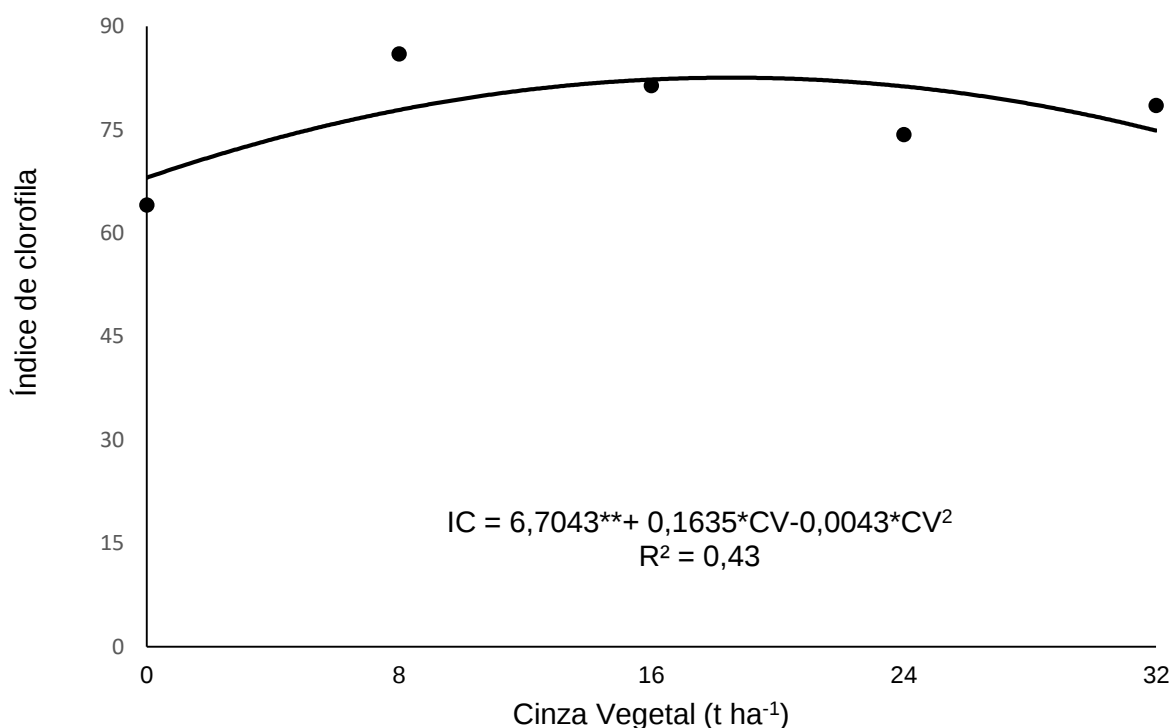


Figura 3. Índice de clorofila falker de feijão-caupi aos 16 DAE, cultivado em solo proveniente de área de pastagem adubada com cinza vegetal e inoculado com *R. tropici*. *, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade estatística, respectivamente.

O R^2 é conhecido como sendo o coeficiente de explicação ou de determinação do modelo, que demonstra o grau de ajuste do modelo estimado neste caso modelo quadrático, quanto mais próximo a 1, maior o ajuste dos pontos ajustados aos observados (Bressan et al., 2007). Dessa forma, ao

analisar a figura 3, observou-se um ajuste considerado como baixo devido à variação dos dados obtidos.

O estudo deste parâmetro é utilizado como forma de analisar o estado nutricional das plantas frente ao nutriente nitrogênio, além de demonstrar se há a necessidade de adubação nitrogenada (SCHLICHTING et al., 2015).

O resultado observado na dose 0 t ha⁻¹ é decorrente da pouca diluição do nitrogênio na planta devido ao baixo nível de desenvolvimento e consequentemente uma redução na demanda do nutriente, sabendo-se que as maiores demandas de nitrogênio ocorrem no estágio fenológico R6 e R8 (floração e enchimento de grãos) (CASSINI e FRANCO, 2006).

Na figura 4, o manejo incorporado apresentou resposta máxima de 84,5 referente a dose 16,54 (t ha⁻¹), demonstrando um resultado 92% superior ao obtido na dose 0 (t ha⁻¹). Na mesma figura pode ser observado a resposta obtida pelo manejo não incorporado, o qual apresentou um incremento de 95% em comparação com a dose 0 (t ha⁻¹), com valor de 75,7 proveniente da dose 23,32 (t ha⁻¹).

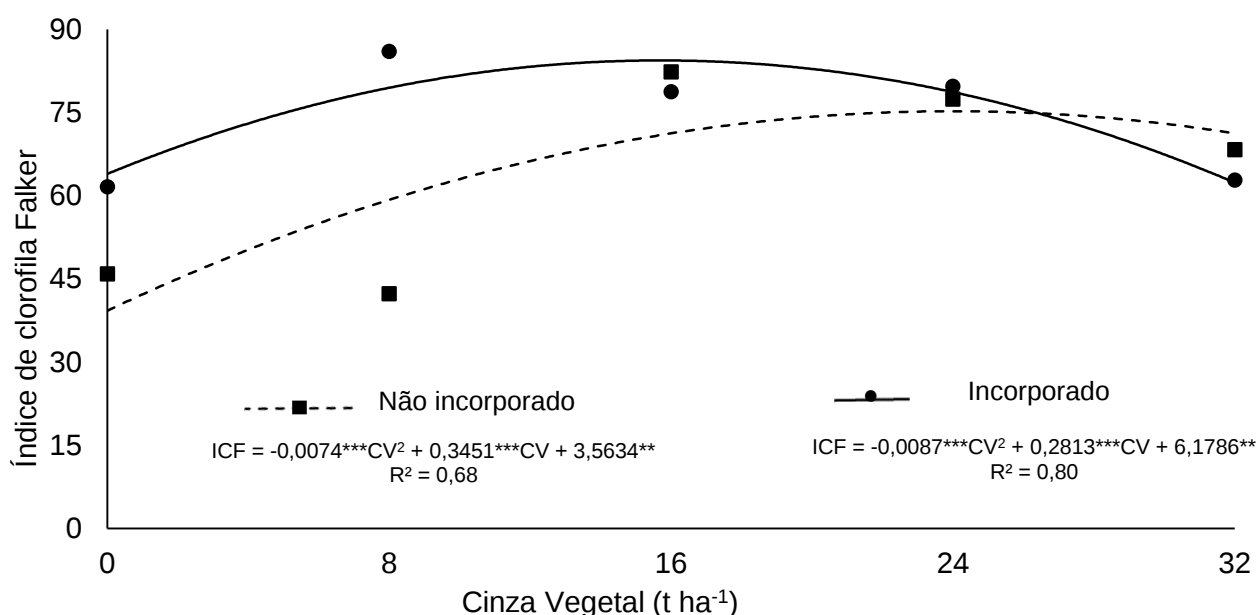


Figura 4. Índice de clorofila Falker de feijão-caupi aos 48 dias após a emergência, cultivado em solo proveniente de área de pastagem adubada com cinza vegetal e inoculado com *R. tropici*. ICF = Índice de clorofila Falker; CV = Cinza vegetal. ***, * significativo a 0,1 e 5% probabilidade estatística, respectivamente.

Esta disponibilização de nutrientes da cinza vegetal também está atrelada com a forma de aplicação deste material (Figura 4). Alcântara et al. (2000) observaram que o maior benefício proveniente do uso de fertilizantes orgânicos ocorreu quando nas unidades experimentais provenientes do solo que teve a cinza vegetal incorporada com uso da grade leve, isto pode ser devido ao fato de que por estar incorporado o material fornece nutrientes de formas mais rápida, devido ao aumento da superfície de contato.

Alves (2020) relaciona a incorporação com o fato de quando se utiliza deste manejo existe uma maior superfície de contato entre resíduo, solo e os microrganismos decompositores, acelerando o processo de mineralização.

Rodrigues et al. (2007) expõem que a decomposição dos resíduos atua de maneira relevante apresentando relevância no manejo da fertilidade do solo, demonstrando a importância de elaborar técnicas de cultivo que otimizem o dos nutrientes contidos nos resíduos vegetais.

Esta disponibilização de nutrientes por meio da cinza vegetal pode ser observada pelas análises anteriores (altura de planta e diâmetro de caule), considerando que ambas refletem a disponibilização macro e micronutrientes para o desenvolvimento da planta. As leguminosas demonstram maior capacidade de realizar a reciclagem e mobilização dos nutrientes, esta situação se deve a sua elevada produção de biomassa e do acúmulo de nutrientes no tecido vegetal.

Os dados observados no presente trabalho corroboram com que foi observado por Nabeela et al. (2015) que relataram que a clorofila da *Brassica napus* L., cultivada com doses de cinza vegetal, foi consideravelmente mais elevada nas folhas de plantas tratadas com 1 e 10 g kg⁻¹ de cinza vegetal.

Os valores máximos obtidos no presente experimento variam de 72 a 84,05, são considerados elevados quando comparados a outros estudos como de Soliman (2017) em seu trabalho com o objetivo de avaliar a influência de diferentes sistemas de fertilização com compostos orgânicos sobre o crescimento do amendoim relata como valor máximo do índice de clorofila de 42,90, e Chen et al. (2016) avaliaram os efeitos de três fertilizantes NPK (nitrogênio, fósforo e potássio), que possuíam ferro em sua composição, no

crescimento do amendoim obtendo a maior média de índice de clorofila SPAD de 31,8.

4.4 Volume de raiz

Ao analisar a Figura 5, observou-se um comportamento crescente nos resultados, demonstrando que os valores aumentaram de acordo com o aumento das doses de cinza vegetal aplicadas.

O valor máximo apresentado foi de 28 cm³ resultante da dose 32 t ha⁻¹, demonstrando um incremento de 10% em relação a dose 0 (t ha⁻¹).

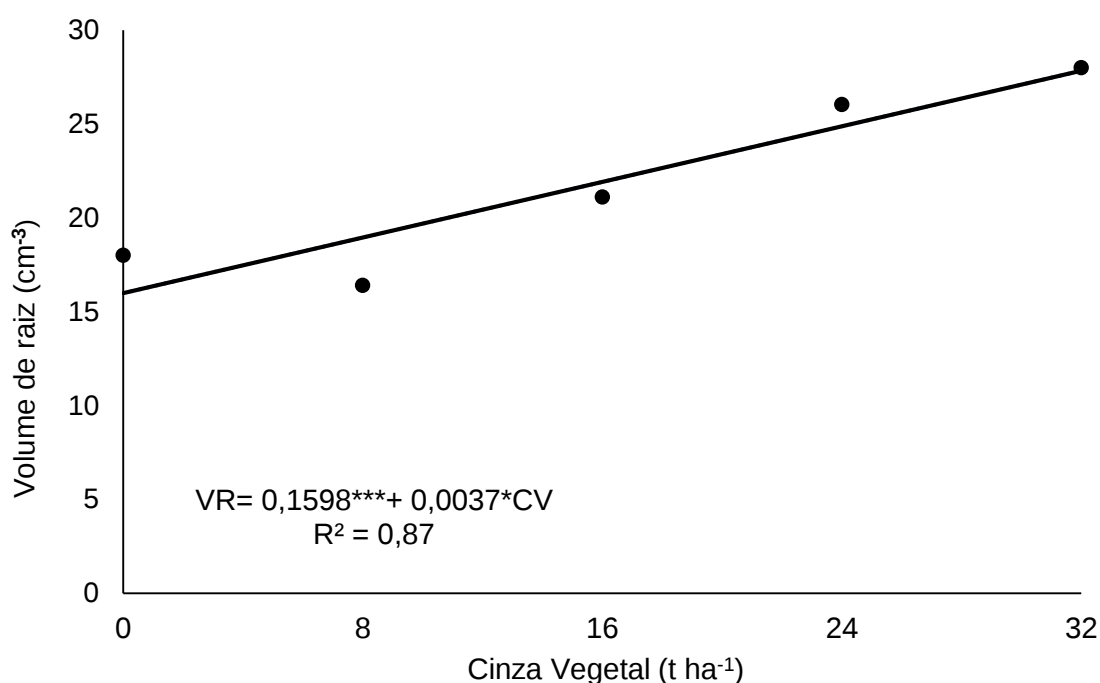


Figura 5. Volume de raiz de feijão-caupi aos 48 dias após a emergência, cultivado em solo proveniente de área de pastagem adubada com cinza vegetal e inoculado com *R. tropici*. VR = Volume de raiz; CV = Cinza vegetal. ***, * significativo a 0,1 e 5% probabilidade estatística, respectivamente.

Lopes et al. (2011) evidenciam que o incremento da massa de raiz auxilia na consolidação do sistema radicular, acarretando a elevação da absorção de nutrientes e água, corroborando com um maior volume de solo ocupado pelas raízes.

Existem aspectos que atuam como limitantes no desenvolvimento radicular das plantas, sendo que a alta acidez e deficiência em Cálcio, magnésio e fósforo e elevada saturação por alumínio, afetam a absorção de água e nutrientes de maneira que afeta a planta e seu processo de crescimento (Silva et al., 2017). A cinza vegetal apresenta-se como uma fonte de nutrientes, como potássio, cálcio, magnésio, ferro e fósforo, realizando a reversão do desequilíbrio nutricional, atua também realizando a neutralização do pH do solo (COCKER et al., 1998).

4.5 Massa seca de raiz

Ao analisar a massa seca de raiz, observou-se comportamento linear, interação significativa entre doses de cinza vegetal, no qual a dose 32 (t ha⁻¹) de cinza produziu 3,24 g planta⁻¹ apresentando o resultado mais elevado, demonstrando valor 33,5% maior que a dose 0 (t ha⁻¹).

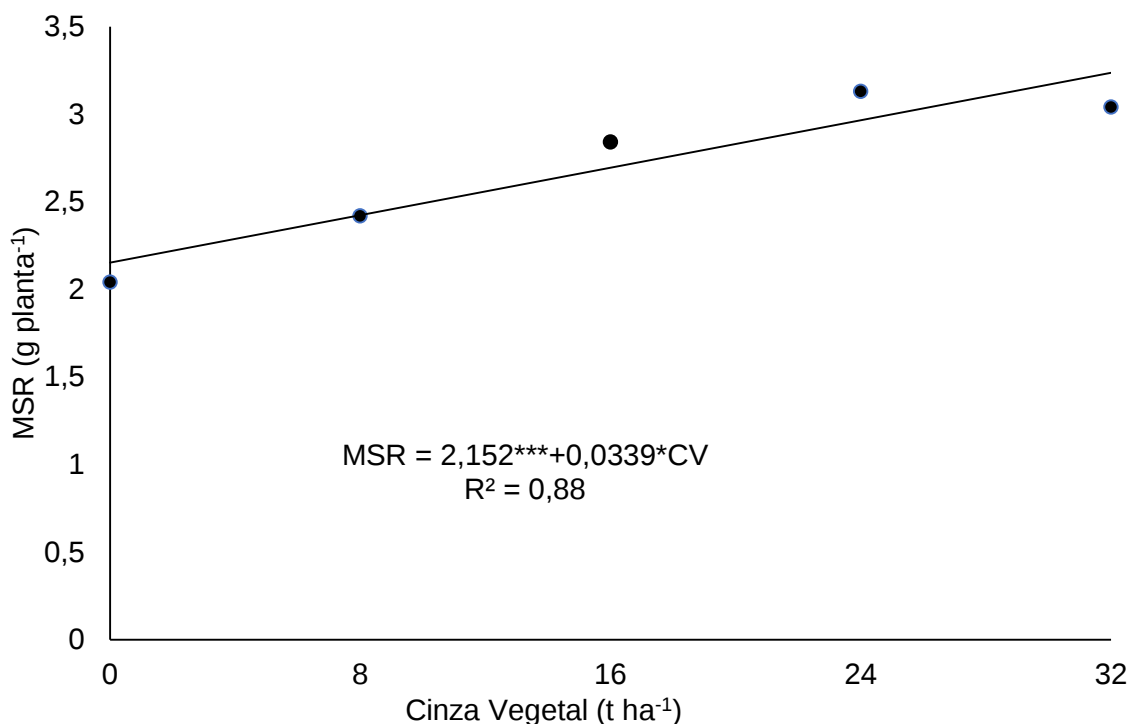


Figura 6. Massa seca de raiz (MSR) de feijão-caupi aos 46 dias após a emergência, inoculado com *Rhizobium tropici*, submetido a níveis de cinza vegetal e métodos de aplicação. MSR = Massa seca de raiz; CV = Cinza vegetal. ***, * significativo a 0,1 e 5% probabilidade estatística, respectivamente.

O efeito proporcionado pela cinza vegetal na raiz do feijão caupi relaciona-se ao efeito residual, acarretando melhorias nas condições que apresentam relevância no decorrer da absorção dos nutrientes por meio das raízes das plantas, notando que a cinza vegetal exerceu reflexos positivos. As cinzas de madeira, demonstram baixa reatividade e assim perduram por tempo prolongado no solo, aumentando o seu efeito residual (SANTALLA et al., 2011).

4.6 Massa seca da parte aérea

Na variável massa seca da parte aérea, foi observado diferença significativa entre as doses de cinza vegetal, ajustando-se ao modelo linear de regressão, com maior acúmulo de massa seca para a maior dose de cinza vegetal, correspondendo a 35% em relação ao tratamento que não recebeu a aplicação da cinza vegetal (Figura 7).

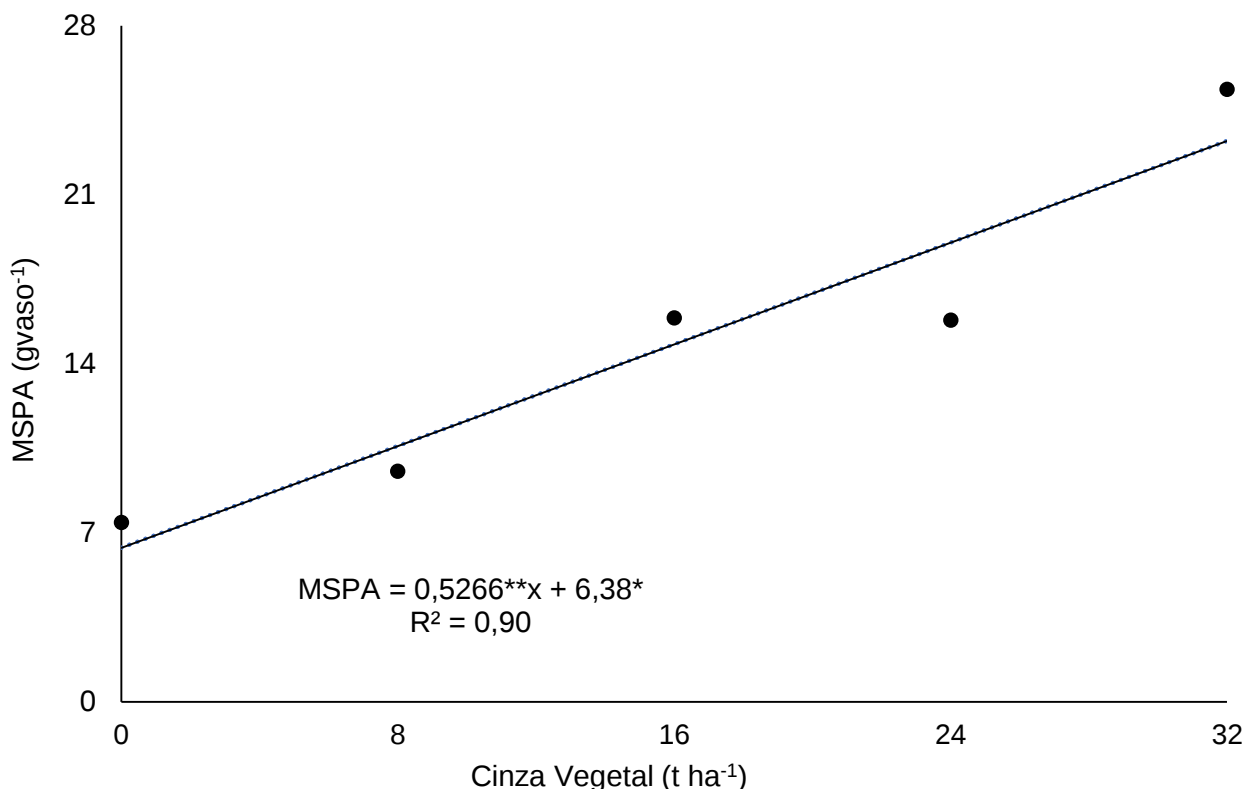


Figura 7. Massa seca da parte aérea de feijão-caupi aos 46 dias após a emergência, inoculado com *Rhizobium tropici*, submetido a níveis de cinza vegetal e métodos de aplicação. MSPA = Massa seca da parte aérea; CV = Cinza vegetal. ***, * significativo a 0,1 e 5% probabilidade estatística, respectivamente.

Deve-se considerar que a evolução adequada da planta depende das atividades realizadas por suas estruturas, desta maneira observa-se que as raízes podem ser consideradas como os primeiros órgãos e são responsáveis pela nutrição da mesma. Quanto mais elevada a massa seca de raiz maior poderá ser a colonização por bactérias fixadoras de nitrogênio (LOPES et al., 2011).

A massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro é uma análise de suma relevância devido ao fato de associar-se ao crescimento, produtividade de grãos e com a acumulação de nutrientes realizada pela cultura (FAGERIA e BALIGAR, 2005).

A análise de massa seca da parte aérea está relacionada diretamente com a qualidade e quantidade de folhas existentes na planta, os dados coletados possuem grande relevância devido ao fato de que as folhas são consideradas como uma das principais fontes de foto assimilados e nutrientes para adaptação (Bellote e Silva, 2000). Ainda é observado que o método de aplicação proporcionou resultados significativos para demonstrando que o manejo incorporado obteve o valor ($12,02 \text{ g vaso}^{-1}$) e o não incorporado de ($17,32 \text{ g vaso}^{-1}$). Assim é notável que a planta absorveu os nutrientes contidos no solo independente do manejo de aplicação utilizado.

Bonfim-Silva et al. (2013) ponderam que o crescimento vegetativo das plantas possui aspectos relacionados a distribuição das raízes e o volume das mesmas, e a disponibilidade dos nutrientes do solo. Os nutrientes que são disponibilizados no solo pela cinza vegetal influenciam no crescimento das raízes das plantas, estabelecendo ainda relevância na formação de nódulos.

4.7 Concentração de nitrogênio parte aérea e concentração de nitrogênio parte aérea + raiz

O parâmetro concentração de nitrogênio da parte aérea (A) e da parte aérea + raiz (B), apresentou o maior resultado na dose 0 t ha⁻¹, em decorrência do baixo desenvolvimento das plantas e assim apresentando a ausência do efeito de diluição apresentado na figura 8 (A e B).

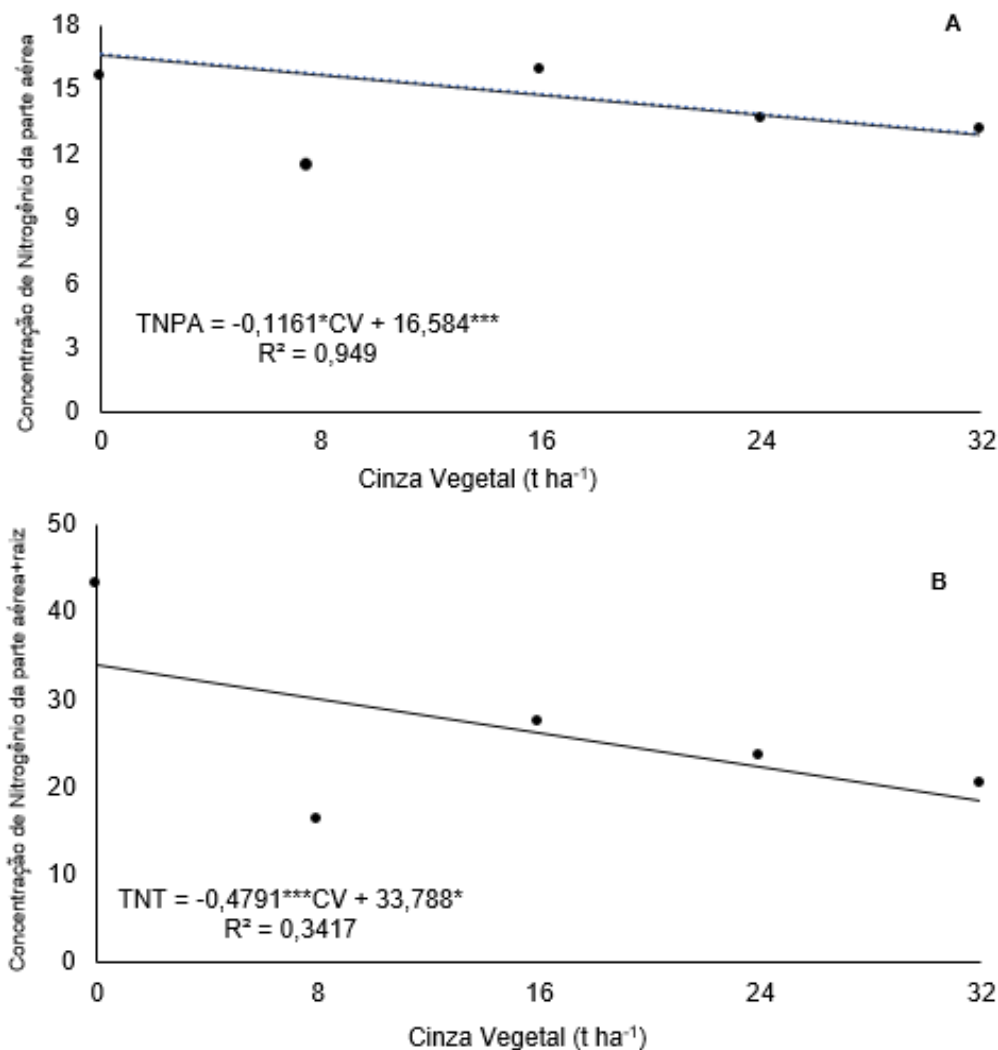


Figura 8. Concentração de nitrogênio da parte aérea (A) teor de nitrogênio parte aérea + raiz (B) de feijão-caupi aos 46 dias após a emergência, inoculado com *Rhizobium tropici*, submetido a níveis de cinza vegetal e métodos de aplicação. TNPA = Teor de nitrogênio da parte aérea; Cv = Cinza vegetal. *, *** Significativo a 5 e 1% de probabilidade estatística, respectivamente.

Pode-se atribuir os resultados observados ao desenvolvimento limitado destas plantas, de maneira que a mesmas por conta da ausência de crescimento

não atingiu o nível elevado da demanda de nitrogênio. Considerando que as plantas referentes as maiores doses (16, 24, 32 t ha⁻¹) atingiram o estágio fenológico reprodutivo – R7, neste corresponde a formação das vagens, as flores que já estiverem fecundadas perdem suas pétalas e começam a formação das primeiras vagens, denominadas de canivetes (FAGERIA et al., 2008).

Além dos resultados citados provenientes do índice de clorofila, o efeito de diluição é o que corresponde ao efeito apresentado na concentração de nitrogênio tanto na parte aérea como também na parte aérea + raiz. Este efeito é apresentado nesta análise, considerando que a dose 0 t ha⁻¹ devido ao fato de não ter se desenvolvido vegetativamente equivalente as demais, apresenta uma maior concentração de nitrogênio, tendo em vista que o mesmo não foi utilizado para crescimento da planta.

A demanda crescente de nitrogênio no decorrer da evolução vegetativa demonstra a relevância deste nutriente, considerando que a maior taxa de consumo é caracterizada por meio das fases de floração e enchimento de grãos. Quando se refere ao feijoeiro o nitrogênio possui sua absorção em elevadas quantidades, e o mesmo encontra-se no alto teor de proteína encontrado no grão (CASSINI e FRANCO, 2006).

Fageria et al. (2008) apresentam em seu trabalho que o teor de nitrogênio varia com o decorrer do cultivo das plantas, os autores consideraram que as culturas de soja, feijão e milho, devido ao fato de ter se desenvolvido as culturas o teor de nitrogênio foi reduzindo, e este fato relaciona-se com o crescimento da planta e com o aumento da massa de matéria seca da parte aérea, possuindo a denominação de efeito de diluição.

O efeito de diluição também pode ser notado no trabalho desenvolvido por Teixeira et al. (2010) no qual utilizaram da cultura do feijão, e observaram que o crescimento da cultura resultou em um crescimento da parte aérea e o mesmo acarretou a diluição do nitrogênio resultando em um menor teor de nitrogênio.

5 CONCLUSÃO

As máximas produções do feijão caupi cultivado em solo proveniente de área de pastagem adubado com cinza vegetal e inoculado com *Rhizobium tropici* foram obtidas no intervalo das doses de cinza entre 16,54 e 32 t ha⁻¹;

A cinza vegetal, especialmente quando utilizado o manejo de adubação incorporado ao solo, juntamente com a inoculação da estirpe MT15, demonstraram eficiência como fertilizante, proporcionando bom desenvolvimento ao feijão caupi.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, F. A.; NETO, A.E.F.; PAULA, M.B.; MESQUITA, H.A.; MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 35 (2): 277-288, 2000.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711 – 728, 2013.
- ALVES, F. J. AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO ORGÂNICA DE ALFACE AMERICANA (*Lactuca sativa* L.) EM FUNÇÃO DO MANEJO DO SOLO E DA ADUBAÇÃO COM RESÍDUOS DE ORIGEM ANIMAL E VEGETAL. **UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ**, 2020.
- ANTUNES, J. E. L.; FREITAS, A. D. S.; OLIVEIRA, L. M. S.; LYRA, M. C. C. P.; FONSECA, M. A. C.; SANTOS, C. E. R. S.; OLIVEIRA, J. P.; ARAÚJO, A. S. F.; FIGUEIREDO, M. V. B. Sugarcane inoculated with endophytic diazotrophic bacteria: effects on yield, biological nitrogen fixation and industrial characteristics. **AgrarianSciences**, 2019.
- BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.) Nutrição e fertilização florestal. **Piracicaba: ESALQ/USP**, 2000. p.105-133.
- BETTIOL, J.V.T., PEDRINHO, A., MERLOTI, L. F., BOSSOLANI, J.W., DE SÁ, M.E. Plantas de 366 cobertura, utilizando *Urochloa ruziziensis* solteira e em consórcio com leguminosas e seus 367 efeitos sobre a produtividade de sementes do feijoeiro. **Uniciências**, 2015.
- BEZERRA, M. D. L.; BONFIM-SILVA, E. M. ; SILVA, T. J. A. ; SOUSA, H. H. F. ; DUARTE, T. F. ; ANICESIO, E. C. A. ; PACHECO, A. B. . Wood ash on the fertilization of marandu grass in Brazilian cerrado soils. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 1504-1510, 2016.
- BRESSAN, V. G. E.; COAGUILA, R. A. I.; SOUSA, E. P.; LÍRIO, V. S. Rentabilidade e assimetria de informação em empresas selecionadas da Bovespa. **Rev. Ciênc. Admin.**, Fortaleza, v. 13, n. 2, p. 223-233, nov. 2007.
- BONFIM-SILVA E. M.; SILVA, T. J. A.; GUIMARÃES, S. L.; POLIZEL, A. C. Development and production of *crotalaria juncea* fertilized with vegetal ash. **Encyclopedia Biosphere**. 2011.
- BONFIM-SILVA, E.M.; CABRAL, C.E.A.; SILVA, T.J.A.; MOREIRA, J.C.F.; CARVALHO, J.C.S. Cinza vegetal: características produtivas e teor de clorofila do capim-marandu. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1215-1225, 2013.

BONFIM-SILVA, E. M.; CARVALHO, J. M. G.; PEREIRA, M. T. J.; SILVA, T. J. A. CINZA VEGETAL NA ADUBAÇÃO DE PLANTAS DE ALGODOEIRO EM LATOSSOLO VERMELHO DO CERRADO. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p. 2015.

BONFIM-SILVA, E. M.; COSTA, A. S.; JOSÉ, J. V.; FERRAZ, A. P. F.; DAMASCENO, A. P. A. B.; SILVA, T. J. A. Correction of Acidity of a Brazilian CerradoOxisol with Limestone and Wood Ash on the Initial Growth of Cowpea. **Agricultural Sciences**, vol. 10, p. 841-851, 2019.

BOUMA, T. J.; NIELSEN, K. L.; KOUTSTAAL, B. A. S. Sample preparation and scanning protocol for computerized analysis of root length and diameter. **Plant and soil**, v.218, n.1, 185-196, 2000.

CARDOSO, S. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, A. H.; MENDONÇA, C. G. Fontes e parcelamento do nitrogênio em cobertura, na cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.23-28, jan.-mar., 2011.

CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. Fixação Biológica de Nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. Feijão. 2. ed. **Viçosa: Ufv**, 2006. Cap. 7. p. 143-170.

CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. Fixação Biológica de Nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas. Viçosa-MG: **Universidade Federal de Viçosa**, 2011.

CAVALCANTE, A. C. P.; CAVALCANTE, A. G.; DINIZ NETO, 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: Amazonian Journal of Agricultural and Enviroment Sciences**, Belém, v. 60, n. 1, p. 38-44, jan./mar., 2017.

CHEN, H.; HU, Z.; LI, X.; ZHANG, F.; CHEN, J.; ZHANG, M. Iron fertilizers applied to calcareous soil on the growth of peanut in a pot experiment. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 62, n. 12, p. 1753–1764, 2016.

COCKER, K. M.; EVANS, D. E.; HODSON, M. J. The amelioration of aluminum toxicity by silicon in higher plants: solutions chemistry or in plant mechanism? **Physiologia Plantarum**, v.104, n.4, p.608-614, 1998.

COELHO, P.; COSTA, M. Combustão. Edições Orion. **Amadora**, 2007.714p.

CONAB. Levantamentos de grãos. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 05 fev. 2021.

Cortez, P.A. Manual prático de morfologia e anatomia vegetal / Priscila Andressa Cortez, Delmira da Costa Silva, Alba Lucilvânia Fonseca Chaves. - Ilhéus, BA : **Editus**, 2016.

COSTA, E. M.; NÓBREGA, R. S. A.; MARTINS, L. V.; AMARAL, F. H. C.; MOREIRA, F. M. S. Nodulação e produtividade de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. por cepas de rizóbio em Bom Jesus, PI. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 1-7, 2011.

DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation in the tropics: Social and economic contributions. **SoilBiology&Biochemistry**, v. 29, n. 5-6, p. 771-774, 1997.

DROZDOWICZ, A.; HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. Biologia dos solos dos cerrados. **Planaltina: EMBRAPA-CPAC**, p. 17-67. 1997.

DUTRA, A. S.; TEÓFILO, E. M.; MEDEIROS FILHO, S.; DIAS, F. T. C. Qualidade fisiológica de sementes de feijão caupi em quatro regiões do estado do ceará. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 111-116, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Embrapa Meio-Norte. BRS imponente. **Teresina**, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Embrapa Meio-Norte. Cultivo de Feijão-Caupi. **Teresina**, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Rio de Janeiro**, 2018. 574 p.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, New York, v.88, p.97-185, 2005.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; BARBOSA FILHO, M. P.; PAULA RIBAS, I. C. TEOR E ACUMULAÇÃO DE NITROGÊNIO NA PARTE AÉREA DO FEIJOEIRO EM ROTAÇÃO COM ARROZ DE TERRAS ALTAS, MILHO E SOJA EM SOLO DE CERRADO. Documentos, IAC, **Campinas**, 2008.

FERREIRA, E. P. B.; FAGERIA, N. K.; DIDONET, A. D. Chemical properties of an Oxisol under organic management as influenced by application of sugarcane bagasse ash. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, p.228-236, 2012.

FERREIRA, M.; GOTARDI, L. F.; JUNQUEIRA, L.; PERECIN, L. S.; BIANCHINI, V. Mancha-angular-do-feijoeiro. **Esalq-USP | Doenças das Grandes Culturas** – Maio, 2019.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS. **REVISTA BRASILEIRA DE BIOMETRIA**, [S.I.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019.

FRED, E. B.; WAKSMAN, S. A. Yeast Extract: Mannitol agar for laboratory manual of general. **New York:**, 1928.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; RODRIGUES, J.E.L.F. et al. A Cultura: Aspectos Socioeconômicos. In: VALE, J.C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (Eds.) - Feijão-Caupi do plantio à colheita. **Viçosa, MG: UFV**, cap. 1, p.9-34, 2017.

FREITAS, F. C. L. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Planta Daninha**, v. 27, p. 241-247, 2010.

GALVANI, F.; GAERTNER, E. Adequação da metodologia Kjeldahl para determinação de nitrogênio total e proteína bruta. Circular Técnica, Nº63. **Corumbá: Embrapa Pantanal**, 2006.

GUALTER, R. M. R. et al. Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio em feijão-caupi cultivado na região da PréAmazônia maranhense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 3, p. 303-308, 2011.

GUIMARÃES, S. L.; VILA, T. D. A.; SANTOS, M. S. D. Inoculação de bactérias diazotróficas em plantas de trigo cultivado no sul de Mato Grosso. **Cerrado Agrociências** , Patos de Minas, v. 6, p. 45-54, dezembro 2015. ISSN 2178-7662.

HARALDSEN, T.K.; PEDERSEN, P.A.; GRONLUND, A. Mixtures of bottom wood ash and meat and bone meal as NPK fertilizer. In: INSAM, H.; KNAPP, B.A. (Ed). Recycling of biomass ashes. **New York: Springer**, chap. 3, p. 33-44. 2011.

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**, 80p. 2007.

JENKINS, B.M.; BAXTER, L.L.; MILES Jr, T.R.; MILES, T.R. Combustion properties of biomass. **Fuel Processing Technology** 54, p.17-46, 1998.

JORDAN, D. C.; ALLEN, O. N. *Rhizobiaceae*. In: BUCHANAN, R. G.; GIBBONS, N. G. Bergeys manual of determinative bacteriology. 8th edition. ed. Baltimore: **Williams and Wilkins Co.**, 1975. p. 201-204.

KARMAKAR, S., MITTRA, B. N., GHOSH, B. C. Enriched Coal Ash Utilization for Augmenting Production of Rice under Acid Lateritic Soil. **Coal Combustion and Gasification Products**, v. 2, p. 45-50, 2010.

LOPES, N.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F.; SILVA, R. G. da; BEZERRA, F. M. L. Componentes estruturais do resíduo pós-corte em capim-massai adubado com cinco doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.518-525, 2011.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 2006, p. 638.

MAPA. Determinação de Nitrogênio Total em Leite e derivados Lácteos pelo método de Micro-Kjedahl. 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/legislacoes-e-metodos/arquivosmetodos-da-area-poa-qa/met-poa-11-02-proteinas.pdf>>. Acesso em: 20 de junho de 2021.

MARCON, E. C., ROMIO, S. C., MACCARI, V. M., KLEIN, C., LÁJUS, C. R. Uso de diferentes fontes de nitrogênio na cultura da soja. **Revista Thema**, v. 14, n. 2, p. 298- 308, 2017.

MENDES, C. V. et al. Inoculação do feijoeiro em unai, MG. **Brasília**. v. N. 16. 2007.

MENDES, B.C. Desempenho da cultura do feijão caupi em função da adubação com silicato de potássio via foliar. 2017. 8 f. Artigo (Graduação em Agronomia) – **Universidade Federal do Maranhão**, Chapadinha, MA, 2017.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. **Lavras: UFLA**, 729p. 2006.

NABEELA, F.; MURAD, W.; KHAN, I.; MIAN, I. A.; REHMAN. H.; ADNAN, M.; AZIZULLAH, A. Effect of wood ash application on the morphological, physiological and biochemical parameters of Brassica napus L. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.95, p.15-25, 2015.

OSAKI, F.; DAROLT, M. R. Estudo da qualidade de cinzas vegetais para uso como adubos na região metropolitana de Curitiba. **Revista Setor Ciências Agrárias**, v. 11, n. 1, p. 1-9, 1991.

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**. Paranaguá, PR, v.4, n.2, 2019.

RODRIGUES, A. C. G.; RODRIGUES, E. F. G.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de coberturas em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, online, v. 31, n. 6., p. 1421-1428. 2007.

SANTALLA, M.; OMIL, B.; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R.; MERINO, A. Effectiveness of wood ash containing charcoal as a fertilizer for a forest plantation in a temperate region. **Plant and Soil**, Madison, v. 346, p. 63–78, 2011.

SANTOS, C. C.; BONFIM-SILVA, E.M. ; SILVA, T. J. A. . TROPICAL GRASS FERTILIZED WITH WOOD ASH IN CERRADO OXISOL: CONCENTRATIONS OF CALCIUM, MAGNESIUM AND SULPHUR. **African Journal of Agricultural Research** **JCR**, v. 9(19), p. 1495-1501, 2014.

SCHLICHTING, A.F.; BONFIM-SILVA, E.M.; SILVA, DE C.M.; PIETRO-SOUZA, W.; SILVA, DA T.J.A.; FARIAS, L. N. Efficiency of portable chlorophyll meters in assessing the nutritional status of wheat plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p.1148–1151, 2015

SEBETHA, E. T.; MODI, A. T.; OWOEYE, L. G. Cowpea Crude Protein as Affected by Cropping System, Site and Nitrogen Fertilization. **Journal of Agricultural Science**; Vol. 7, No. 1; 2015.

SEIDO, S. L.; SANTOS, C. A. F. Genetic linkage map and mapping of the locus of biological nitrogen fixation inefficiency in cowpea. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 41, 2019.

SILVA, E. B. et al. Visual Symptoms of nutrient deficiencies in *Physalis peruviana* L. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n. 1, p. 105-112, 2017.

SILVA, M.B.O.; CARVALHO, A.J.; BATISTA, P.S.C. et al. Desempenho agronômico de genótipos de feijão-caupi. **Revista de Ciências Agrárias**, v.41, n.4, 2018.

SILVA, F. F.; SANTOS, T. A.; JESUS, E. C.; CHAER, G. M. CHARACTERIZATION OF RHIZOBIA AND ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN AREAS IMPACTED BY GRAVEL MINING IN BRAZIL. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 4, p. 995 – 1004, 2019.

SILVA NETO, M. L.; SMIDERLE, O. J.; SILVA, K.; FERNANDES JÚNIOR, P. I.; XAVIER, G. R.; ZILLI, J. É. Compatibilidade do tratamento de sementes de feijão caupi com fungicidas e inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n.1, p. 80-87, 2013.

SOLIMAN, F. Effect of Organic Nutritional Supplement on Growth, Nodulation and Yield of Peanut Cultivated Under Different Fertilization Systems. **Journal of Plant Production**, v. 8, n. 11, p. 1205–1213, 2017.

SOUZA, R. A. B. M. C.; MONÇÃO, O. P.; SOUZA, H. B.; OLIVEIRA, J. S.; REIS, T. C. Efeito da cinza de caldeira sobre as características químicas de um solo do Cerrado baiano e produtividade da alface. **Revista Cultivando o Saber**. Cascavel, v. 6, n. 4, p. 60 -73, 2013.

TAIZ, L. FISILOGIA E DESENVOLVIMENTO VEGETAL. Ed. 6, **Porto Alegre**, 2016.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.; SILVA, C.A.; ANDRADE, M.J.B.; PAES, J.M.V. Nutrição mineral do feijoeiro em influência de nitrogênio e palhadas de milho solteiro e consorciado com feijão-de-porco. **Maringá**, v. 32, n. 3, p. 511-519, 2010.

VERA, G.S.; CRUZ, G.S.; SOUZA, H.A.; SILVA, K.J.D.S.; BEZERRA, A.A.C. Acúmulo e marcha de absorção de macronutrientes no feijão-caupi em sistema de cultivo mínimo. **Fortaleza**, CE, 2019.

VÄÄTÄINEN, K.; SIRPARANTA, E.; RÄISÄNEN, M.; TAHVANAINEN, T. The costs and profitability of using granulated wood ash as a forest fertilizer in drained peatland forests. **BiomassandBioenergy**, v. 35, n. 8, p. 3335–3341, 2011.

VAN RAIJ, B. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. **International Plant Nutrition Institute**, p. 420, 2011.

XAVIER, T. F.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; CAMPOS, F. L. Inoculação e adubação nitrogenada sobre a nodulação e a produtividade de grãos de feijão-caupi. **Ciência Rural**, v.38, n.7, p.2037-2041, Santa Maria, outubro de 2008.