

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CÂMPUS CENTRAL –SEDE ANÁPOLIS - CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
HENRIQUE SANTILLO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO *STRICTU SENSU* EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
CRISTIANE PERÍCOLI VILAS BOAS

**EFICIÊNCIA DO USO DE ORGANOMINERAL ASSOCIADO À APLICAÇÃO DE
RIZÓBIOS EM COBERTURA NO DESENVOLVIMENTO E NA PRODUTIVIDADE
DO FEIJÃO**

ANÁPOLIS
2021

CRISTIANE PERÍCOLI VILAS BOAS

**EFICIÊNCIA DO USO DE ORGANOMINERAL ASSOCIADO A APLICAÇÃO DE
RIZÓBIOS EM COBERTURA NO DESENVOLVIMENTO E NA PRODUTIVIDADE
DO FEIJÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás - UEG, Campus Central – Sede Anápolis - Ciências Exatas e Tecnológicas - Henrique Santillo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.
Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Gisele Carneiro da Silva Teixeira

ANÁPOLIS
2021



FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO PARA NÃO PUBLICAR NA BDTD¹

Dados do autor	
Nome completo	Cristiane Pericoli Vilas Boas
E-mail	Cris.pericoli@gmail.com

Dados do trabalho	
Título	Eficiência do uso de ~~organomineral~~ associado a aplicação de ~~rizóbios~~ em cobertura no desenvolvimento e na produtividade do feijão
Tipo	() Tese (x) Dissertação
Curso/Programa	Mestrado em Engenharia Agrícola
Data de defesa:	29/10/2021



Justificativa

Solicito que não publiquem a dissertação, para que não prejudique posteriormente a publicação do artigo.

Anápolis, 21/03/2022

Local Data

Assinatura do autor (a)

¹ Período de embargo é de um ano, a partir da data da Defesa, prorrogável por mais um ano.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Pp441 Pericoli Vilas Boas, Cristiane
e EFICIÊNCIA DO USO DE ORGANOMINERAL ASSOCIADO A
APLICAÇÃO DE RIZÓBIOS EM COBERTURA NO DESENVOLVIMENTO E
NA PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO / Cristiane Pericoli Vilas
Boas; orientador Gisele Carneiro da Silva Teixeira. --
ANÁPOLIS, 2021.
64 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Acadêmico em Engenharia Agrícola) -- Câmpus
Central - Sede: Anápolis - CET, Universidade Estadual
de Goiás, 2021.

1. Destinação final dos resíduos industriais. 3.
Formulados Organominerais. 4. A cultura do feijoeiro.
5. Utilização de inoculantes na cultura do feijoeiro.
I. Carneiro da Silva Teixeira, Gisele , orient. II.
Título.

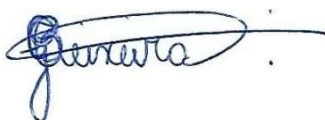
CRISTIANE PERÍCOLI VILAS BOAS

**EFICIÊNCIA DO USO DE ORGANOMINERAL ASSOCIADO A APLICAÇÃO DE
RIZÓBIOS EM COBERTURA NO DESENVOLVIMENTO E NA PRODUTIVIDADE
DO FEIJÃO**

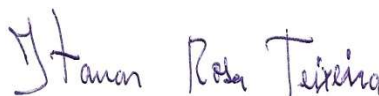
Dissertação defendida ao Programa de Pós-graduação
Strictu Sensu em Engenharia Agrícola, Campus Central
Sede Anápolis – CET, Universidade Estadual de Goiás
para obtenção do título de mestre.

Aprovada em: Anápolis, 29 de outubro de 2021.

Banca examinadora



Prof. Dra. Gisele Carneiro da Silva Teixeira
Orientadora
UEG/Câmpus Posse



Prof. Dr. Itamar Rosa Teixeira
Membro
UEG/Câmpus Central



Prof. Dra. Lurdineide de Araújo Barbosa Borges
Membro
Universidade de Brasília/UnB

“A Deus, eterno pai e Senhor da eternidade, meu guia de todas as horas, minha fortaleza nos momentos de fraqueza, o colo que me acolheu nos momentos de angústia, meu socorro presente nas minhas tribulações e ao meu amado esposo, Amaury Caetano Vilas Boas, pelo apoio certo nas horas incertas, pelo ombro amigo nos momentos de indecisão, sem você, essa vitória seria incerta!”

AGRADECIMENTOS

Ao bondoso Deus, que preparou de forma tão especial, a vaga no programa de mestrado e sempre guia os meus passos, meu socorro presente nos momentos difíceis.

Aos meus amados pais, Gercino Perícoli e Tereza de Lourdes Perícoli, pelo incentivo ao conhecimento que sempre me deram, desde a graduação, por serem tão especiais, por serem a luz da minha vida.

Aos meus filhos amados, Victor Perícoli Vilas Boas, Ádrian Perícoli Vilas Boas e Mirely Perícoli Vilas Boas, pela paciência, apoio, amor, carinho e por compreenderem minha ausência nesse período de estudos.

A minha irmã querida, Cristina Perigolo, que mesmo distante, sempre é apoio presente nas minhas decisões e conselheira amorosa.

A minha orientadora, Dra. Gisele Carneiro da Silva Teixeira, pelo carinho, paciência, ensinamentos, dedicação e disponibilidade, ainda que nesse período difícil de pandemia.

A todo o pessoal da Emater, funcionários dedicados que mostram prazer pelo seu trabalho e que, com tanto carinho e atenção, sempre me auxiliaram, e por concederem a fazenda para a realização do experimento.

Ao prof. Emmerson Rodrigues de Moraes do Instituto Federal Goiano, pela doação do resíduo de lodo de esgoto tratado.

Aos colegas da pós-graduação, pela convivência, amizade, em especial a Amanda Cristina Elias, Maressa Carvalho e Sielly Lobo, pela paciência, pelo auxílio e carinho a mim dedicados.

A todos os professores da pós-graduação *Strictu Sensu* em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás, pelos ensinamentos, carinho, paciência e amizade, em especial ao professor Itamar Rosa Teixeira, pelo auxílio na condução do experimento.

A Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos os colaboradores da Universidade Estadual de Goiás, Campus Central – Unidade de Ciências Exatas e da Tecnológicas Henrique Santillo e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

“Porque o Senhor dá a sabedoria, e da sua boca vem o conhecimento e o entendimento! ”

Provérbios 2: 6

RESUMO

O aumento da geração e a destinação incorreta dos resíduos oriundos das atividades humanas tem se caracterizado uma problemática ambiental mundial. Nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) a destinação final de lodos gerados no processo de tratamento é uma limitação e, sua utilização na agricultura se apresenta como uma destinação que pode contribuir com a sustentabilidade do processo de tratamento do lodo e com a produção agrícola. Os fertilizantes organominerais são resultantes da mistura de composto orgânico com fertilizante mineral e sua utilização na agricultura tem apresentado resultados positivos. Assim, objetivou-se com o presente estudo investigar a eficiência do uso de lodo de esgoto como base orgânica na formulação de composto organomineral associado ao uso de aplicação de rizóbios em cobertura no desenvolvimento, nutrição e produtividade da cultura de feijão. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial $4 \times 2 + 1$, com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos de quatro doses de organomineral (0, 50%, 100%, 150% da recomendação nutricional da cultura), com e sem aplicação de rizóbios em cobertura, mais um tratamento adicional com adubação 100% mineral. As variáveis morfológicas analisadas foram: índice da área foliar, acúmulo de biomassa fresca e seca, altura da planta, diâmetro do caule; nutricionais: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês no florescimento, e os componentes do rendimento: número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de 100 grãos e a produtividade da cultura. Os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$), e quando significativos as médias provenientes dos tratamentos qualitativos foram comparadas pelo teste de Tukey 5% de probabilidade, enquanto nos tratamentos quantitativos foi aplicada a análise de regressão. Nas condições de desenvolvimento da presente pesquisa, conclui-se que o emprego da adubação organomineral a base de lodo de esgoto promoveu melhoria da maioria das variáveis de desenvolvimento, nutricionais e agronômicas do feijoeiro, comparado a adubação mineral. A dose adequada de organomineral a ser adicionada na base é de 100% da recomendação nutricional; dose superior a esta provoca decréscimos de algumas variáveis de desenvolvimento e nutricionais do feijoeiro. A aplicação de rizóbio em cobertura, não foi eficiente em promover acréscimos no rendimento de grãos.

Palavras-chave: *P. vulgaris* L.; Resíduos Orgânicos, Nutrição Vegetal, Sustentabilidade, Agricultura.

ABSTRACT

The increase in the generation and incorrect destination of waste from human activities have become a worldwide environmental problem. In Sewage Treatment Plants (STP) the final destination of sludge generated in the treatment process is a limitation, and its use in agriculture presents itself as a destination that can contribute to the sustainability of the sludge treatment process and agricultural production. Organomineral fertilizers are the result of mixing organic compost with mineral fertilizer and their use in agriculture has shown positive results.

Thus the aim of this study was to investigate the efficiency of the using sewage sludge as an organic base in the formulation of organomineral compost associated with the use of rhizobia mulch application in the development, nutrition and productivity of bean crop. A $4 \times 2 + 1$ factorial design with four repetitions was used in a randomized block design, with four treatments consisting of four doses of organomineral (0, 50%, 100%, 150% of the nutritional recommendation of the crop), with and without the application of rhizobia as cover, plus an additional treatment with 100% mineral fertilization. The morfological variables analyzed were: leaf area index, accumulation of fresh and dry biomass, plant height, stem diameter; nutritional variables: nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, copper, iron, zinc and manganese at flowering, and yield components: number of pods per plant, number of grains per pod, weight of 100 grains and crop yield. The data were submitted to analysis of variance ($p \leq 0.05$), and when significant the means from the qualitative treatments were compared by Tukey's test 5% probability, while in quantitative treatments regression analysis was applied. Under the development conditions of this research, it is concluded that the use of organo-mineral fertilization based on sewage sludge promoted the improvement of most developmental, nutritional and agronomic variables of the bean, compared to mineral fertilization. The adequate dose of organomineral to be added to the base is 100% of the nutritional recommendation; a dose higher than this causes decreases in some developmental and nutritional variables of the bean. The application of rhizobium was not efficient in promoting increases in grain yield.

Keywords: *P. vulgaris* L. Organic waste, Plant Nutrition, Sustainability, Agriculture

LISTA DE FIGURAS

Figural - Precipitação e temperaturas máximas e mínimas no período do experimento. Anápolis-Go, 2020/2021.....	26
Figura 2 - a) Biomassa fresca e b) biomassa seca do feijoeiro comum cultivar BRS FC 104 em função da adubação com formulado organomineral, sem e com aplicação de rizóbios em cobertura e o tratamento adicional com adubação mineral. UEG/CET, Anápolis-Go, 2021...	38
Figura 3 - Altura da planta de feijão BRS FC 104 em função da adubação com organomineral, sem e com aplicação de rizóbios em cobertura e o tratamento adicional com adubação mineral. UEG/CET, Anápolis-Go, 2021.....	39
Figura 4 - Diâmetro do caule de feijão cv. BRS FC 104 em função da adubação com formulado organomineral, sem e com aplicação de rizóbios em cobertura e o tratamento adicional com adubação mineral. UEG/CET, Anápolis-Go, 2021.....	40
Figura 5 - Comprimento da raiz principal da cultivar de feijão BRS FC104 em função da adubação com organomineral, sem e com aplicação de rizóbios em cobertura e o tratamento adicional com adubação mineral. UEG/CET, Anápolis-Go, 2021.....	40
Figura 6 - Teor foliar de nitrogênio no estágio R5 – florescimento pleno da cultivar de feijão BRS FC 104 em função das doses de adubação organomineral, com e sem aplicação de rizóbios em cobertura. UEG/CET, Anápolis-Go, 2021.....	42
Figura7 - Teor foliar de nitrogênio no estágio R5 – florescimento pleno da cultivar de feijão BRS FC 104 em função da adubação com formulado organomineral, com e sem aplicação de rizóbios em cobertura e o tratamento adicional com adubação mineral. UEG/CET, Anápolis-Go, 2021.....	43
Figura 8 - Teor foliar de cálcio no estágio R5 – florescimento pleno da cultivar de feijão BRS FC 104 em função das doses de adubação organomineral, com e sem aplicação de rizóbios em cobertura. UEG/CET, Anápolis-Go, 2021.....	44
Figura 9 - Teor foliar de ferro no estágio R5 – florescimento pleno da cultivar de feijão BRS FC 104 em função das doses de adubação organomineral, com e sem aplicação de rizóbios em cobertura. UEG/CET, Anápolis-Go, 2021.....	45
Figura 10 - a) Número de vagens por planta feijão cv. BRS FC104 em função da interação de doses de adubo organomineral, com e sem aplicação de rizóbios em cobertura e b) interação tratamento fatorial x tratamento adicional. UEG/CET, Anápolis-Go, 2021.....	50
Figura 11 - Número de grãos por vagem em função da aplicação de inoculante (a) peso de 100 grãos (b) em função de doses de organomineral. UEG/CET, Anápolis-Go, 2021.....	51
Figura 12 – Rendimento de grãos de feijão cv. BRS FC 104 em função da adubação com organomineral, com e sem a aplicação de rizóbios em cobertura e a adubação mineral. UEG/CET, Anápolis-Go, 2021.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise física e química do solo coletado na profundidade de 0-20cm, na área da EMATER (Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária) de Anápolis, 2020.....	27
Tabela 2 - Tratamentos aplicados na cultura do feijoeiro, utilizados no experimento na área da EMATER (Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária) de Anápolis, 2020.....	28
Tabela 3 - Caracterização química do biossólido na base seca a 110°C.....	29
Tabela 4 - Substâncias inorgânicas permitidas no lodo de esgoto (base seca) segundo a resolução CONAMA Nº 375/2006.....	30
Tabela 5 - Resumo da Anova (Quadrados Médios) das variáveis morfológicas do feijoeiro cv. BRS FC104 na fase da floração, submetido à adubação com organomineral em combinação ou não com aplicação de inoculante em cobertura. UEG/CET, Anápolis-GO, 2021.....	37
Tabela 6 - Resumo da Anova (Quadrados Médios) das variáveis nutricionais da cultivar de feijão BRS FC104 na fase da floração, submetido à adubação com organomineral, com a combinação ou não da aplicação de inoculante em cobertura. UEG/CET, Anápolis-GO, 2021.....	41
Tabela 7 - Valores dos teores máximos, mínimos e médios dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg nas folhas da cultivar BRS FC 104, submetido a doses de adubo organomineral, com e sem a presença de inoculação com rizóbio em adubação de cobertura e com adubação mineral. UEG/CET, Anápolis – GO, 2021.....	46
Tabela 8 - Valores dos teores máximos, mínimos e médios dos micronutrientes Cu, Fe, Zn, e Mn nas folhas da cultivar BRS FC104, submetido a doses de organomineral, com e sem a presença de inoculação com rizóbio em adubação de cobertura. UEG/CET, Anápolis – GO, 2021.....	47
Tabela 9 - Resumo da Anova (Quadrados Médios) das variáveis agronômicas do feijoeiro cv. BRS FC 104, submetido à adubação com organomineral em combinação ou não com aplicação de inoculante em cobertura. UEG/CET, Anápolis-GO, 2021.....	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 Destinação final dos resíduos industriais: uma problemática ambiental.....	16
2.1.1 Lodo de esgoto.....	17
2.1.2 O uso do lodo na agricultura.....	18
2.2 Formulados Organominerais.....	20
2.3 A cultura do feijoeiro.....	22
2.4 A utilização de inoculantes na cultura do feijoeiro.....	23
2.5 Formas de aplicação de inoculantes.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1 Descrição da área de implantação do experimento.....	26
3.1.1 Análise química do solo.....	26
3.2 Origem e caracterização do resíduo orgânico.....	29
3.3 Fabricação do formulado organomineral.....	30
3.4 Unidade experimental e tratos culturais.....	31
3.5 Análises de desenvolvimento.....	31
3.5.1 Índice de área foliar.....	31
3.5.2 Altura de planta.....	32
3.5.3 Diâmetro do caule.....	32
3.5.4 Acúmulo de biomassas seca e fresca.....	32
3.6 Análises nutricionais.....	32
3.6.1 Nitrogênio.....	32
3.6.2 Fósforo.....	33

3.6.3 Potássio.....	34
3.6.4 Cálcio e magnésio.....	34
3.6.5 Cobre, Ferro, Zinco e Manganês.....	35
3.7 Análises agronômicas.....	35
3.7.1 Número de vagens por planta.....	35
3.7.2 Número de grãospor vagem.....	35
3.7.3 Peso de cem grãos.....	35
3.7.4 Rendimento.....	35
3.8 Análise estatística.....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1 Análises de desenvolvimento da planta.....	37
4.2 Análise nutricional da planta.....	40
4.3 Análise de produtividade de grãos.....	48
5 CONCLUSÃO.....	53
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

O aumento na geração de resíduos originados da atividade humana tem ocasionado um grande problema ambiental em nível mundial. Os resíduos gerados levam a degradação severa do meio ambiente, caso sua disposição final seja ambientalmente inadequada (AGUIAR et al, 2021). Dentro do contexto de sustentabilidade ambiental na destinação destes resíduos, o solo por suas características físicas, biológicas e químicas atua como meio com condições necessárias para sua biodegradação (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Entre os resíduos gerados pela atividade humana encontra-se o lodo de esgoto, que é o subproduto gerado nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), cuja disposição final é onerosa ao processo de tratamento. Apesar deste subproduto representar apenas de 1% a 2% do total do esgoto tratado, o processamento do lodo pode simbolizar mais de 50% de seus custos operacionais, problemática que pode ser acentuada com a extensão dos índices de atendimento de esgoto sanitário e, analogamente a eficácia dos sistemas de tratamento de esgoto (CERQUEIRA e AISSE, 2020; ANDREOLI, 2006).

O lodo de esgoto é um dos resíduos orgânicos, cuja utilização na agricultura pode ser benéfica, sendo esse bio sólido composto principalmente de Matéria Orgânica (MO), importante fonte de cargas negativas nos solos tropicais; contribuindo com a Capacidade de Troca Catiônica (CTC), aumento do poder tampão, maior agregação das partículas do solo, melhor infiltração e retenção de água no solo. Como resultado da reestruturação através da adição de MO presente nos resíduos orgânicos pode-se observar aumento da porosidade do solo e consequentemente redução da compactação, favorecendo o melhor desenvolvimento radicular das plantas (GARCIA et al., 2009).

A composição química do lodo varia de acordo com o tratamento recebido, se primário ou secundário, e com o tipo de esgoto (doméstico ou industrial), mas geralmente o elemento presente em maior quantidade no lodo é o carbono, porém são os elementos nitrogênio (N) e fósforo (P) os de maiores valores econômicos, sendo o N amplamente exigido para o desenvolvimento vegetal, e que constituem este resíduo orgânico, sendo respectivamente, o segundo e terceiro elemento presente em maior quantidade. Quanto aos micronutrientes, geralmente observa-se uma quantidade maior de ferro, cobre, zinco e manganês e menor de boro, molibdênio e cloro (COSTA et al., 2011).

Embora o uso do lodo na agricultura apresente benefícios, ele também ocasiona riscos, pois pode apresentar um alto índice de metais pesados dependendo da origem, além de patógenos, vírus e protozoários em sua composição, que podem causar a contaminação do solo, do lençol freático e das plantas cultivadas (DORES-SILVA et al., 2011; SOCCOL et al.,

1997). A disposição de lodos de esgoto sanitário e seus produtos derivados no ambiente são regidos pela resolução CONAMA 375/06 que define os limites para substâncias potencialmente tóxicas e critérios para liberação do resíduo. Portanto, para fazer a aplicação do resíduo de maneira segura, deve seguir-se rigorosamente a referida resolução (BOINA, 2012).

A utilização de lodo de esgoto como base orgânica na Formulação Organominerais (FOMs) de adubos apresenta como benefício à disponibilização para as culturas de macronutrientes como o nitrogênio e o fósforo, por ser pobre em potássio, esse macronutriente normalmente deve ser incorporado de forma mineral na formulação. Embora a quantidade de nutrientes presentes no lodo seja suficiente para as culturas, estes nem sempre apresentam equilíbrio na sua distribuição, e em formas disponíveis para a nutrição vegetal em curto prazo. Assim, é necessário conhecer a composição química do lodo e a dinâmica dos nutrientes após sua aplicação no solo, para evitar impactos ambientais negativos e obter benefícios agrônômicos (BETTIOL e CAMARGO, 2006).

O feijão é uma das culturas graníferas mais produzidas no Brasil, apresenta grande importância econômica e social por ser um produto agrícola de alto consumo nacional, sendo produzido em maior proporção pela agricultura familiar (ARF *et al.*, 2015). Em relação a sua nutrição, o feijoeiro é uma cultura exigente, pois apresenta sistema radicular raso e pequeno, de ciclo curto, assim, o manejo nutricional adequado a cultura é um fator essencial na elevação da produtividade (LACERDA et al, 2019).

O feijoeiro é capaz de assimilar o N atmosférico através da Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN), contudo, as simbioses resultantes entre a cultura e as estirpes de *Rhizobium* existentes, nem sempre conseguem suprir a demanda nutricional de nitrogênio da cultura, devido a competitividade e às condições edáficas, principalmente o pH ácido e a temperatura, que limitam a taxa de fixação (RUFINI, 2010).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) atualmente recomenda duas estirpes comerciais da espécie *Rhizobium tropici* para a produção de inoculantes para a cultura do feijoeiro, CIAT 899 (= BR 322 = SEMIA 4077) e PRF 81 (= BR 520 = SEMIA 4080). Estas estirpes são consideradas mais estáveis e menos sensíveis a condições ambientais adversas sendo mais adaptáveis as condições de solos tropicais. Assim, tem-se mostrado mais eficientes na FBN na cultura do feijoeiro comum (BRASIL, 2011).

Objetiva-se com este estudo estudar a eficiência do uso de lodo de esgoto como base orgânica na formulação de composto organomineral associado ao uso de aplicação de rizóbios em cobertura no desenvolvimento, nutrição e produtividade da cultura de feijão-comum.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Destinação final de resíduos industriais: uma problemática ambiental

Um grande problema existente na sociedade atual está no equacionamento da exagerada geração e disposição final sustentável dos resíduos sólidos. A inquietação mundial relacionada ao gerenciamento de resíduos sólidos, em especial residenciais, tem se elevado diante do crescimento da produção, da gestão inadequada e escassez de ambientes para sua disposição final (JACOBI e BENSEN, 2011).

Com o passar do tempo e a observação do crescimento populacional, o conceito de desenvolvimento já não era compatibilizado com o ambiente finito, em que recursos naturais e a capacidade para a destinação final dos resíduos são limitados. Assim a percepção de impacto ambiental foi assimilado pela sociedade, despertando a consciência de que a destinação inadequada de resíduos traz consequências negativas a saúde e qualidade do meio ambiente (RODRIGUES e KAPUSTA, 2009).

No ano de 2010 foi criada a Lei Federal n. 12.305 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecendo diretrizes em relação à gestão integrada e ao monitoramento dos resíduos sólidos e alinha as responsabilidades dos geradores de resíduos e do poder público. Regulamentada pelo Decreto n. 7.404, de 23 de dezembro de 2010, instituiu também o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa e o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos. A lei foi instituída objetivando-se a possibilidade de notação da proteção da saúde pública e da qualidade ambiental estimulando padrões ecologicamente corretos de produção e consumo de bens e serviços com desenvolvimento e aperfeiçoamento de tecnologias limpas ;a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, assim como disposição final sustentável; e a boa administração incorporada dos resíduos sólidos que visa o compartilhamento da responsabilidade pelo ciclo vital dos produtos, incluindo toda a cadeia de comercialização, como consumidores, fabricantes, órgãos públicos e distribuidores (BRASIL, 2010).

Entre os resíduos de origem doméstica, agrário e industriais, encontra-se o lodo de esgoto, resíduo resultante dos processos de tratamento de água e esgoto, considerado o resíduo mais crítico, considerando a grande quantidade produzida e os onerosos custos decorrentes de seu processamento e disposição final (ANDREOLI e PEGORINI, 2006).

2.1.1 Lodo de esgoto

Um problema contemporâneo de preocupação mundial é o gerenciamento do lodo, devido às grandes quantidades geradas de matéria por dia, assim como, pela necessidade de destinação final adequada por apresentar um custo operacional que pode alcançar 60% do orçamento de um sistema de tratamento. Assim ao gerir esses resíduos de forma sustentável pode-se alcançar um mercado com perspectivas positivas considerando um bom planejamento e gestão de bens, insumos e serviços (LEE e SANTOS, 2011; ALEM SOBRINHO, 2001).

O lodo de esgoto pode ser definido como um resíduo semi-sólido, rico em substâncias orgânicas, apresentando também de forma variável alguns compostos inorgânicos, oriundo do tratamento de esgotos domiciliares e/ou industriais. A caracterização de um lodo de esgoto é variável, pois depende do tipo de esgoto tratado, se domiciliar, industrial ou misto, época do ano, processo de tratamento na estação, consolidação e condicionamento final (GARCÍA-DELGADO et al., 2007).

No Brasil há muitos autores que estudam alternativas para utilização desse biossólido na agricultura, na construção civil, como componente na mistura para produção de artefatos cerâmicos, na obtenção de energia térmica ou elétrica, na produção silvícola, na recuperação de áreas degradadas e na produção de espécies ornamentais (CASTRO et al., 2015). Atualmente as opções de maior viabilidade para a disposição final desse resíduo, sob os aspectos ambientais, econômico, técnico e operacional, são o uso agrícola, na disposição em solos degradados ou na formulação de adubos organominerais e em aterro sanitário ou industrial licenciado (GODOY, 2013; SAMPAIO, 2013).

A disposição de lodos de esgoto sanitário e seus produtos derivados no ambiente são regidos pela resolução CONAMA 375/06, que define os limites para substâncias potencialmente tóxicas e critérios para liberação do resíduo, complementada pela resolução 380/2006. Os maiores riscos associados à utilização agrícola do lodo de esgoto sanitário, estão relacionados a teores de metais pesados, aspectos sanitários, micro poluentes orgânicos, fito patógenos. Tanto os metais quanto os agentes patogênicos como ovos de helmintos, esporos de fungos e colônias de bactérias tendem a co-precipitar com o esgoto e se concentrar no lodo (BRASIL, 2006a; BRASIL, 2006b; ANDREOLI, 1999).

Desta forma, a higienização do lodo é essencial para que se possa eliminar ou reduzir a níveis aceitáveis os organismos que são prejudiciais como patógenos e parasitas, apenas os processos de digestão aeróbia e anaeróbia, não reduzem esses elementos a níveis aceitáveis estabelecidos pela resolução Conama 375/06. Assim, para que essa higienização ocorra é adicionada na ETE, antes da disposição no solo, a cal virgem em quantidades que variam

entre 20% e 50% do seu peso seco para que esses elementos com potencial de contaminação ao meio sejam eliminados (COSTA et al., 2011).

Quando o lodo de esgoto já passou por um processo de higienização e desinfecção, onde ocorreram transformações microbianas e foram eliminados os organismos prejudiciais à saúde humana, ele é denominado biossólido (ASSENHEIMER, 2009). Em Goiás, somente na estação de tratamento Dr. Hélio Seixo de Britto (ETE de Goiânia) é gerado em média cerca de 150 ton de lodo desidratado, caleado e não digerido por dia (SANEAGO, 2019).

Existem muitas alternativas viáveis para a disposição final do lodo, em aterros específicos, lagoas de armazenagem, incineração, matéria prima na indústria civil ou a reciclagem agrícola (SANEPAR, 1999). Alamino (2010) avaliou a utilização de lodo de forma sustentável na recuperação de solos degradados. Santana (2019), a viabilidade técnica da utilização do lodo de esgoto como insumo na engenharia civil; Schwanke et al. (2020) a utilização alternativa do lodo na produção de energia, o biogás. Assim se faz necessária a ampliação de pesquisas relacionadas à gestão desse resíduo, de forma a reduzir o impacto ambiental causado pelo mesmo, com uma disposição final eficiente e sustentável.

2.1.2 O uso do lodo na agricultura

A eficácia da utilização de lodo de esgoto na agricultura no Brasil tem sido objeto de estudos. Moraes et al. (2017) utilizaram o biossólido como componente orgânico na fabricação de organomineral na cultura da cana de açúcar, e observaram que o resíduo apresenta o potencial de ser utilizado na nutrição mineral das plantas, tanto como fertilizante quanto condicionador do solo, por promover melhorias nas propriedades físicas, químicas ou atividade biológica, podendo promover a recuperação de solos degradados ou desequilibrados nutricionalmente. Trigueiro e Guerrini (2003) estudaram sua utilização como substrato na produção de mudas de eucalipto, concluindo que o uso desse resíduo na produção de mudas é viável e promissor. Lemainski e Silva (2006) avaliaram a utilização do biossólido úmido na produção do milho e obtiveram uma eficiência 21% maior em comparação com a adubação mineral.

A possibilidade de existência de poluentes, metais pesados, organismos patogênicos e compostos orgânicos persistentes pode ocasionar um impacto negativo a sua utilização. A presença de nitratos também pode representar um problema, pois este não possui uma sincronização entre a absorção pelas plantas e sua mineralização, podendo ocasionar a contaminação do lençol freático. Após adicionado ao solo, alguns poluentes podem se acumular no solo, ar, águas superficiais ou subterrâneas e até entrar na cadeia alimentar, assim

se faz necessária uma regulamentação para a disposição desse resíduo ao solo que não estabeleçam riscos ambientais a curto, médio e longo prazo (EMBRAPA, 2006).

Ocorrendo a retirada do lodo de esgoto nas estações de tratamento, este não pode ser disposto diretamente no solo, pois é necessário a realização de um tratamento prévio para que ocorra a redução de microrganismos presentes, de forma a reduzir os organismos patógenos e a umidade presente no resíduo. Essa redução de umidade apresenta suma importância, pois o frete pode ser um dos principais problemas para a utilização do mesmo na agricultura, já que sua matéria prima não tem custo (MARCON, 2014).

Há dois tipos de tratamento geralmente utilizados na higienização do lodo, a calagem e a compostagem. A compostagem consiste num tratamento biológico onde é adicionado ao lodo vários microrganismos aliado a elevação de temperatura para eliminação de patógenos e também a adição de compostos ricos em carbono para regulação da relação carbono/nitrogênio. Já na calagem é realizado um processo de estabilização e desinfecção química e térmica, resultante da mistura de cal virgem ao lodo em altas dosagens de forma que ocorre a alcalinização brusca da mistura com pH pouco superior a 12, ocasionando a inatividade e destruição da maior parte dos patógenos existentes (ANDREOLLI et al., 2001).

A utilização do lodo no meio agrícola, além de apresentar baixo custo, apresenta geralmente um impacto ambiental positivo, quando realizada dentro dos critérios de segurança. Do ponto de vista ambiental, podemos considerar a solução mais correta, pois observa-se o retorno dos nutrientes para o solo, corroborando com o ciclo dos elementos na natureza. Deve-se considerar que apresenta grandes vantagens a disposição do lodo no Brasil, cujo clima é tropical que resulta em uma grande necessidade de reposição de matéria orgânica devido as altas taxas de decomposição da mesma que e é rapidamente mineralizada, disponibilizando nutrientes como fósforo e nitrogênio rapidamente para as plantas (TRABALLI, 2008; SANEPAR, 1999;).

Considerando os efeitos da disposição do lodo nas propriedades físicas do solo, a presença de matéria orgânica atua na redução da densidade do solo, na melhoria da estrutura, melhoria na porosidade com a elevação na aeração e na retenção de água, o que é benéfico para o desenvolvimento vegetal (MELO et al 2004; NASCIMENTO et al., 2004).

Quanto aos nutrientes presentes no biossólido, sua liberação ocorre lentamente para o solo durante o desenvolvimento da cultura resultando também em redução de perdas de nutrientes por lixiviação. Esse é um atributo interessante para a agricultura, considerando as culturas de ciclo longo, pois adubos minerais, que são fontes tradicionais de nutrientes

apresentam grandes perdas por lixiviação devido à pronta disponibilização (POGGIANI et al., 2000).

A utilização do lodo de esgoto na agricultura além de atender a normatização vigente, deve ser monitorada por um profissional habilitado para que haja o rastreamento dos lotes aplicados. É muito importante que haja também uma monitoração dos solos referente aos nitratos, metais pesados, compostos orgânicos persistentes e organismos patógenos (BETTIOL e CAMARGO, 2006).

Vários estudos demonstram a viabilidade deste resíduo como fonte nutricional para as culturas. Barros et al. (2011), concluíram que a utilização do lodo de esgoto na cultura do milho, elevou os teores de micronutrientes na parte aérea, a produtividade e a biomassa seca das plantas, não ocasionando toxicidade na cultura. Magalhães (2011) ao avaliar diferentes dosagens (0, 11, 22, 44 Mg ha⁻¹) de lodo de esgoto na produtividade do feijoeiro observaram ganhos significativos na produtividade até as doses de 22,8; 18,8 e 17,2 Mg ha⁻¹, obtendo produtividades máximas de 4118, 5164 e 4058kg ha⁻¹ de feijão, devido a aplicação do biossólido, valores elevados em relação à média de produtividade de lavouras comerciais.

É uma inovação tecnológica que garante sustentabilidade ambiental a destinação do lodo de ETEs como fonte de matéria orgânica e nutrientes nos cultivos agrícolas. Obedecendo parâmetros técnicos que garantam a produtividade agrícola aliada a sustentabilidade do sistema produtivo e ambiental (COSTA et al., 2011).

2.2 Formulados Organominerais

Os adubos organominerais ou formulados organominerais (FOMs) são resultantes da mistura física ou combinação de uma base orgânica e outra mineral. Para que haja essa classificação é necessário que os formulados organominerais apresentem alguns parâmetros estabelecidos pela Instrução Normativa Nº 25 de 23 de julho de 2009, quanto a sua composição química, como: 8% de carbono orgânico e 10% de macronutrientes primários isolados ou misturados e, 5% de macronutrientes secundários. Essa instrução normativa determina ainda que a umidade máxima e a CTC (Capacidade de Troca Catiônica) devem ser de 30% e 80mmol.kg⁻¹, respectivamente (SILVA, 2017).

Embora esse tema pareça ser novidade, a obtenção dos formulados organomineral não é tão recente, no ano de 1982 já existia a produção desse tipo de adubo, ano em que foi criado o Decreto nº86.955 que apresentou uma das primeiras definições relacionada a esse este tipo de fertilizante. Considerando que os adubos minerais possuem aproximadamente 150 anos de experimentos, os organominerais ainda podem ser considerados recentes e necessitam de mais

estudos para alcançar maior eficiência (KIEHL, 2008; BRASIL, 1982). Assumindo que os fertilizantes minerais são retirados de recursos finitos da natureza assume-se que o uso de adubos organominerais além de garantir sustentabilidade ambiental na destinação de resíduos orgânicos colabora também na preservação de recursos naturais.

No mercado de fertilizantes agrícola observa-se crescimento no mercado de FOMs, sendo que no Brasil, na última década, houve um crescimento de 10% em média no mercado destes fertilizantes (BENITES, 2010). No ano de 2016, apenas no estado de Minas gerais foram produzidos aproximadamente 8 858 toneladas e 351 m³, sendo comercializadas cerca de 8800 toneladas e 342 m³. Há aproximadamente uma produção anual de 316355 toneladas e 12 513 m³ por empresa, considerando o número de empresas produtoras (OLIVEIRA, 2019; BENITES, 2010).

A adubação organomineral é considerada benéfica à planta por facilitar a absorção de N nos FOMs, o nitrogênio possui uma camada orgânica de proteção, aumentando o aproveitamento pelo sistema radicular do vegetal e diminuindo consequentemente sua volatilização, sua eficácia se aplica também na interação da planta com o mineral, pela redução na adsorção de fósforo (P) nos colóides do solo, melhorando assim a disponibilidade dos mesmos na nutrição vegetal (SILVA e LANA, 2018; SANLI et al., 2013; SALCEDO, 2004).

A adubação continuada com organomineral ocasiona a redução na meta por elevados volumes de adubação, havendo a necessidade somente de adubações para manutenção, pois a existência da matéria orgânica nos adubos ativa a propagação de microrganismos que fazem a mineralização dos nutrientes, assegurando-os durante todo o ciclo vegetal (CASTANHEIRA, 2015).

Oliveira et al. (2016) avaliaram o efeito do fertilizante organomineral Pilatus® com as seguintes características químicas: carbono orgânico total: 30,10%; ácido fúlvico 3,01%; aminoácidos totais 1,97%; Inositol 0,42% e Zinco 4,92% nas doses 0,25 L ha⁻¹, 0,50 L ha⁻¹, 0,75 L ha⁻¹, 1,00 L ha⁻¹ e 1,50 L ha⁻¹ no desempenho agrônômico e produtividade do feijão. Concluíram que a produtividade máxima com aplicação do fertilizante organomineral na dosagem de 0,98 L ha⁻¹, na cultivar IPR Tangará, do grupo carioca, com hábito de crescimento determinado. Melém Júnior et al. (2011) analisaram os teores foliares de macronutrientes e a produtividade das cultivares de feijão IPR Colibri e IPR Eldorado; observaram que a adubação organomineral comparada com a fertilização mineral, proporcionou os maiores resultados, com queima e sem queima de resíduos orgânicos.

Assim, observa-se que fontes nutricionais baseadas no uso adubos organominerais apresentam-se como uma possibilidade viável, não onerosa e ambientalmente sustentável para o fornecimento de nutrientes na cultura do feijoeiro.

2.3 A cultura do feijoeiro

Do ponto de vista histórico, o feijão é considerado um dos alimentos mais antigos. Alguns historiadores declaram que foi encontrado primeiramente no Peru, sendo depois levado ao México, onde foi dominado na época de 7000 A.C (RABELO et al., 2017). O feijoeiro é uma cultura de grande importância econômica, fabacea muito utilizada pelos brasileiros e consequentemente uma cultura considerada fundamental no Brasil (VALDERRAMA et al., 2009). De acordo com a Embrapa (2003), é uma planta cultivada em diversos sistemas de produção, por pequenos, médios e grandes produtores, utilizando desde os sistemas simples até os mais intensivos e altamente tecnificados.

O Brasil se destaca como um dos grandes produtores e consumidores de feijão no mundo. O feijão é altamente consumido no mercado interno por se tratar de uma importante fonte proteica e de ferro no consumo populacional, além do valor socioeconômico (AZEVEDO et al, 2015; PEREIRA et al., 2015). O cultivo do feijoeiro é bastante divulgado no território nacional, sendo utilizado em sistema solteiro (somente feijão) ou consorciado (com outras culturas). Seu cultivo tem interessado a grandes produtores com tecnologias avançadas, que tem alcançado produtividades elevadas, em torno de 3000 kg ha⁻¹, acima da média nacional que é 1101 kg ha⁻¹ na safra 2019/2020 (CONAB, 2021).

O feijoeiro possui ciclo médio de 90 dias, considerado curto; é exigente em nutrientes devido ao seu sistema radicular pequeno e pouco profundo, sendo essencial que a disposição dos nutrientes a planta ocorra em tempo, quantidade e local adequados. Ele pode ser cultivado em até três safras no ano, sendo elas: a safra das águas ou primeira safra, a safra da seca ou segunda safra e a safra de inverno ou terceira safra (ALMEIDA et al., 2000)

O plantio da cultura do feijoeiro é praticado em mais de 100 países, mas cerca de 63% da produção mundial é obtida em apenas cinco, sendo o Brasil o maior produtor e consumidor de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). O Brasil é o quarto maior produtor de feijão no mundo, porém não se figura entre os maiores exportadores, considerando que a maior parte da produção é destinada ao consumo interno (EMBRAPA, 2021).

A oitava estimativa da produção nacional de feijão em 2021, considerando-se as três safras, foi de 2,7 milhões de toneladas, sendo essa estimativa de produção 2,4% menor que a de julho. Nesta avaliação, as unidades da Federação com maior participação na estimativa de

produção foram Paraná (20,3%), Minas Gerais (20,0%) e Goiás (11,7%). Com relação à variação anual, a estimativa para a área a ser colhida diminuiu 0,5%, havendo também a redução da produção em 7,4% em relação a 2020. O feijão teve sua cultura disseminada no aspecto de área cultivada, em quarto lugar no Brasil, perdendo somente para soja, milho e a lavoura canavieira (IBGE, 2021).

Existem alguns fatores que prejudicam sua produtividade, no que se refere a fatores nutricionais tanta a falta, excesso e eficiência da fonte afeta a nutrição da cultura. A utilização de algumas fontes de liberação lenta de nitrogênio e fósforo pode diminuir o custo da produção e minimizar os impactos ambientais, reduzindo assim as perdas de fósforo por fixação e de nitrogênio por lixiviação e/ou volatilização (VALDERRAMA et al., 2009).

O surgimento de algumas cultivares melhoradas de feijão comum, com ciclo de 75 a 98 dias, com características de alta produtividade, melhor adaptação e reduzida sensibilidade a estresses bióticos ou abióticos apresentam uma grande contribuição a eficácia deste setor produtivo (SILVA e DEL PELOSO, 2006).

Caso não existissem estudos objetivando a melhoria de produção e de produtividade das culturas no Brasil, seriam necessárias para suprimento da safra atual, importações de aproximadamente 66 milhões de hectares. Assim, o crescimento do agronegócio foi resultante da utilização de sementes melhoradas, elevando a importância do melhoramento genético, biotecnologia e agregação de novas tecnologias ao processo de produção de sementes (SANTOS et al., 2014).

2.4 Utilização de inoculantes na cultura do feijoeiro

Segundo Kluthcouski et al. (2000), o feijoeiro é uma planta que apresenta grande exigência na quantidade de nutrientes para obtenção de elevadas produtividades nas condições de solos tropicais. O nitrogênio é o nutriente mais requerido e, portanto, tem grande influência na elevação da produtividade de grãos e da rentabilidade da cultura, contudo, é necessária uma fertilização bem planejada (SORATTO et al., 2014; RAPASSI et al., 2003). Há quatro fontes de nitrogênio possíveis na nutrição das plantas de feijoeiro: disponibilizado pelo solo, através da decomposição da matéria orgânica; pela fixação não biológica, resultante de vulcanismo, combustão e descarga atmosférica; através de adubos nitrogenados e ainda, pela fixação biológica do nitrogênio atmosférico (HUNGRIA et al., 2007).

A adubação com N mineral em solos tropicais resulta algumas vezes pela baixa resposta na cultura do feijoeiro devido aos processos de perdas no sistema. O índice de rendimento do N quando se utiliza adubação mineral, geralmente é menor que 50% em solos

arenosos, devido à elevada eliminação por lixiviação e desnitrificação (ALMEIDA et al., 2000). A adubação nitrogenada de fontes minerais se configura em uma técnica pouco sustentável, pois o nitrogênio é um mineral que requer a queima de combustíveis fósseis e demanda um alto custo financeiro (SOUZA et al., 2011).

O processo de conversão de N presente na atmosfera em formas absorvíveis pelas plantas é denominado FBN (HUNGRIA, 2013). Ele se desenvolve nas raízes, onde ocorre a simbiose entre as bactérias fixadoras de N e as leguminosas, em que existe rizóbio presente no solo de modo natural ou por inoculação, onde há reconhecimento deste e infecção das raízes do vegetal hospedeiro, resultando na formação de nódulos e a fixação do N atmosférico (HOFFMAN, 2007).

Considerando o alto consumo de N, o feijão comum pode ser beneficiado pela FBN através da relação simbiótica com bactérias (rizóbios) fixadoras de N (CARDOSO et al., 2012; MULAS et al., 2011). Porém, ainda que o feijoeiro seja capaz de fixar o nitrogênio atmosférico, através da simbiose, o suprimento desse nutriente por esse processo, geralmente não é suficiente para garantir uma alta produtividade, sendo necessária uma suplementação com nitrogênio na forma mineral (BRITO et al., 2011).

Alguns estudos indicam a obtenção de produtividades elevadas do feijoeiro, com a aplicação de inoculantes de estirpes de rizóbios mais eficazes e competitivas, havendo a troca do N mineral, mesmo que parcialmente garantindo produtividades acima de 2500 kg ha⁻¹ (FERREIRA et al., 2013). A utilização de inoculantes visa à redução da aplicação de adubos nitrogenados, pela utilização síncrona de bactérias simbióticas e assimbióticas, aumentando positivamente os resultados, e gerando um impacto sinérgico na utilização isoladamente (BÁRBARO et al., 2008).

Caracterizadas como bactérias aeróbicas gram negativas, com tolerância a pH abaixo de 5,5 e o limite de 40°C de temperatura, estirpes amplamente utilizadas no feijoeiro são da espécie *Rhizobium tropici*, classificadas como as fixadoras mais eficazes na nodulação do feijoeiro em condições edafoclimáticas brasileiras (FERNANDES e RODRIGUES, 2014).

A utilização de inoculantes tem avançado significativamente na cultura do feijoeiro sendo esse processo, uma forma de elevar a produtividade e buscar economia na substituição dos adubos nitrogenados minerais colaborando com a sustentabilidade da nutrição desta cultura de suma importância no sistema produtivo brasileiro (FRANCO et al., 2002).

2.5 Formas de aplicação de inoculantes

A principal utilização da inoculação para a cultura da soja, atualmente também utilizada na cultura do feijão, consiste na mistura do inoculante com a semente e posteriormente realização da semeadura em no máximo 24 horas. Assim que ocorre a emergência das sementes, as bactérias em contato com as raízes da planta iniciam a infecção radicular, promovendo a formação de nódulos. Dependendo da quantidade de nódulos formados e da eficiência da FBN, a inoculação pode suprir todo o N necessitado pela planta (HUNGRIA et al., 2001).

Além dessa forma de aplicação nas sementes, há uma técnica alternativa que consiste na aplicação do inoculante, por meio de pulverização no sulco de semeadura. Método justificado pelo fato das bactérias possuírem facilidade de estabelecimento no solo, além da melhor distribuição do inoculante na semente e no solo decorrente da sua diluição em água (VIEIRA NETO et al., 2008). A utilização dessa técnica tem como vantagem a redução dos efeitos tóxicos do tratamento químico das sementes, com fungicidas, assim como da aplicação de micronutrientes sobre as células bacterianas (ZILLI et al., 2009).

Uma outra utilização diferente da tradicional é a inoculação em pós emergência, realizada nas plantas no estágio vegetativo, também chamada de reinoculação ou inoculação em cobertura, onde prepara-se uma mistura do inoculante com água e pulveriza-se sobre as plantas, em sua base, no solo, próximo as raízes, apresentando-se também como alternativa, caso ocorra uma falha na inoculação padrão ou comprometimento da nodulação (ZILLI; MARSON; GIANLUPPI et al., 2008).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de implantação do experimento

O experimento foi implantado na safra das águas, no ano agrícola de 2020/2021, na área experimental da EMATER - Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária, localizada na cidade de Anápolis-GO, cujas coordenadas geográficas são 16°20'44.27" latitude Sul e 48°52'44.67" longitude Oeste, com altitude média de 1050m na safra das águas, no ano agrícola de 2020/2021. O clima da região é do tipo Aw tropical úmido, caracterizado pelo inverno seco e o verão chuvoso, com precipitação média de 1600 mm, segundo a classificação de Köppen.

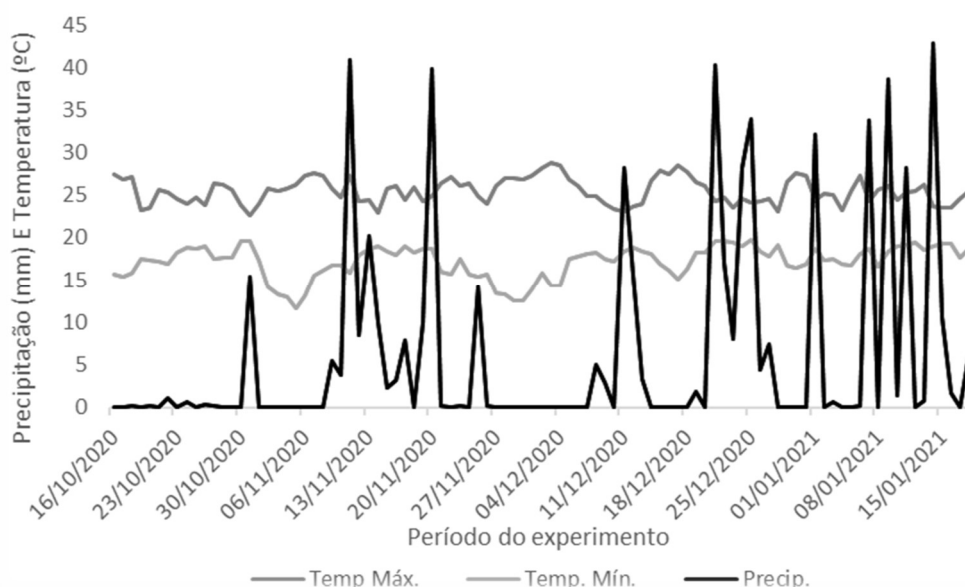


Figura 1. Precipitação e temperaturas máximas e mínimas no período do experimento. Anápolis-Go, 2020/2021.

3.1.1 Análise físico-química do solo

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico. As análises referentes à granulometria mostraram que o solo apresenta textura argilo arenosa. Segundo dados da análise química do solo (Tabela 1), observou-se pH baixo sendo necessário a realização de calagem, a qual foi recomendada pelo método de Saturação de Bases, considerando 60% o valor ideal para a nutrição do feijão (EMBRAPA, 2017).

Tabela 1. Análise física e química do solo coletado na profundidade de 0-20cm, na área da EMATER (Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária) de Anápolis, 2020¹.

Características químicas		
Variáveis	Unidades	Resultados
Cálcio (Ca)	(mE100 ml ⁻¹)	1.4
Magnésio (Mg)	(mE 100 ml ⁻¹)	0.55
Alumínio (Al)	(mE 100 ml ⁻¹)	0.15
Acidez Potencial (H + Al)	(mE 100 ml ⁻¹)	2.35
Potássio (K)	(mE 100 ml ⁻¹)	0.21
Potássio (k)	mg dm ⁻³ (ppm)	82.55
P (Melich)	mg dm ⁻³ (ppm)	4.15
Enxofre (S)	mg dm ⁻³ (ppm)	1.6
Sódio (Na)	mg dm ⁻³ (ppm)	2.45
Zinco (Zn)	mg dm ⁻³ (ppm)	6.25
Boro (B)	mg dm ⁻³ (ppm)	0.21
Cobre (Cu)	mg dm ⁻³ (ppm)	2.8
Ferro (Fe)	mg dm ⁻³ (ppm)	33.8
Manganês (Mn)	mg dm ⁻³ (ppm)	17.6
CTC	-	4.52
Saturação em Bases (Sat.Bases)	-	47.71%
Saturação por Alumínio (Sat.Al)	-	6.94%
Ca/Mg	-	2.51
Ca/CTC	-	30.71%
Mg/CTC	-	12.14%
K/CTC	-	4.62%
H+Al/CTC	-	52.30%
Matéria Orgânica (M.O.)	g dm ⁻³	20.5
Carbono	g dm ⁻³	11.89
CaCl2 (pH)	pH	4.8
Características físicas		
Variáveis	Unidades	Resultados
Argila	Textura (gKg ⁻¹)	415
Silte	Textura (g Kg ⁻¹)	105
Areia	Textura (g Kg ⁻¹)	480

¹Análise realizada pelo laboratório Solocria Laboratório Agropecuário Ltda, Goiânia-Go.

O experimento foi implantado utilizando o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x2+1. Os fatores de tratamento foram quatro doses de organomineral (Testemunha – sem aplicação de organomineral, 50% da recomendação nutricional da cultura

através da aplicação de organomineral, 100% da recomendação nutricional da cultura através da aplicação de organomineral, aplicação de 150% da recomendação nutricional da cultura através da aplicação organomineral), com e sem aplicação de rizóbios em cobertura, mais um tratamento adicional com adubação 100% mineral (Tabela 2). A quantidade de FOM e adubo mineral a ser aplicado nos tratamentos foram calculados com base na necessidade nutricional da cultura conforme análise de solo e produtividade esperada de 2500 kg ha⁻¹.

Tabela 2. Tratamentos aplicados na cultura do feijoeiro, utilizados no experimento na área da EMATER (Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária) de Anápolis, 2020.

Tratamentos	Fertilizante	Doses de fertilizante	Adubação de Cobertura
T1	Organomineral	0% da dose recomendada	Sem aplicação de rizóbios em cobertura
T2	Organomineral	50% da dose recomendada	Sem aplicação de rizóbios em cobertura
T3	Organomineral	100% da dose recomendada	Sem aplicação de rizóbios em cobertura
T4	Organomineral	150% da dose recomendada	Sem aplicação de rizóbios em cobertura
T5	Organomineral	0% da dose recomendada	Com aplicação de rizóbios em cobertura
T6	Organomineral	50% da dose recomendada	Com aplicação de rizóbios em cobertura
T7	Organomineral	100% da dose recomendada	Com aplicação de rizóbios em cobertura
T8	Organomineral	150% da dose recomendada	Com aplicação de rizóbios em cobertura
T9	Mineral	100% da dose recomendada	Uréia (50 kg ha ⁻¹)

Fonte (A autora).

A cultivar de feijão carioca comum utilizada no estudo foi a BRS FC104. A estirpe de rizóbio utilizada na adubação de cobertura foi a Semia 4077 da espécie *Rhizobium tropici*. A dose de aplicação da mesma foi realizada seguindo a recomendação do fabricante de 150 mL ha⁻¹ em substituição a adubação de cobertura aos 21 Dias Após a Emergência (DAE).

A instalação e condução do experimento foi realizada obedecendo todas as orientações sanitárias de prevenção a SARS-CoV-2, distanciamento mínimo de 2 metros entre pessoas quando se fez necessário a presença de mais de uma pessoa na unidade experimental, uso de máscara durante todo o período de permanência no local, lavagem constante das mãos e uso de álcool 70% na higienização de todos os utensílios e equipamentos utilizados na execução das atividades.

3.2 Origem e caracterização do resíduo orgânico

O bio sólido utilizado na fabricação do formulado organomineral foi proveniente do Departamento Municipal de Água e Esgoto, Uberlândia – MG. O tratamento para atender as exigências da resolução CONAMA 375/06 do bio sólido foi realizado por meio de transformações microbianas e químicas através do uso de tratamento químico, luz solar e raios ultravioletas (MORAES, 2017). Foi realizada a análise química do bio sólido (Tabela 3), sendo o resultado desta análise utilizado no cálculo da quantidade necessária do mesmo como base orgânica na produção do organomineral. Após sua caracterização e tratamento o resíduo foi encaminhado a área de estudo em sacos plásticos de polietileno de alta densidade (PEAD) com capacidade para 20 Kg.

Tabela 3. Caracterização química do bio sólido na base seca a 110°C.

pH	UT	NT	MOT	CT	RMT	C/N	P	K	Ca	Mg
CaCl ₂										
-----	-----%-----									
8,10	10,9	0,9	49,9	27,7	50,67	28/1	2,80	0,3	8,25	2,48
Densidade	B	Na	Mn	Cu	Zn	Fe	Cd	Hg	Cr	Ni
g cm ⁻³	-----mg kg ⁻¹ -----									
0,66	10	201	209	135	1042	27236	1,4	0,7	931	250

UT = Umidade Total; NT = Nitrogênio Total; MOT = Matéria Orgânica; CT = Carbono Total; RMT = Resíduo Mineral Total. N - [N Total] = Digestão Sulfúrica. P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn = digestão nitro Perclórico. B = Colorimétrico Azometina-H. Metodologias baseadas em Embrapa (2011).

Fonte: Moraes (2017).

Verificando-se a análise química do bio sólido, pode-se observar que os parâmetros atendem e estão dentro dos limites permitidos pela resolução CONAMA N° 375/2006 (Tabela 4).

Tabela 4. Substâncias inorgânicas permitidas no lodo de esgoto (base seca) segundo a resolução CONAMA N° 375/2006.

Substâncias inorgânicas	Concentração máxima permitida no lodo de esgoto ou produto derivado (mgkg⁻¹, base seca)
Arsênio	41
Bário	1300
Cádmio	39
Chumbo	300
Cobre	1500
Cromo	1000
Mercúrio	17
Molibdênio	50
Níquel	420
Selênio	100
Zinco	2800

Fonte: Resolução CONAMA N° 375/2006

3.3 Fabricação do Formulado Organomineral (FOM)

Com base nas características químicas do lodo de esgoto, foi produzido o organomineral 02-08-10 garantindo 11,3 % de carbono orgânico, obedecendo a resolução CONAMA 375/06 que define o limite mínimo de 8% carbono orgânico na formulação de organominerais, sendo a quantidade necessária para a obtenção do formulado: 3,7kg de uréia como fonte de nitrogênio; 38,4 kg de MAP como fonte de fósforo; 17,2 kg de KCl como fonte de potássio e 40,7kg de lodo de esgoto tratado. A formulação obtida possui: carbono orgânico total de 11.3 %, N 2,1%; P₂O₅ 18,0 %; K₂O 10,1%; Ca 3,4%; Mg 1,0%; S 0,5 %; B 4,1 mg kg⁻¹; Cu 54,9 mg kg⁻¹; Fe 11085,1 mg kg⁻¹; Mn 85,1 mg kg⁻¹; Zn 424,1mg kg⁻¹; Cd 0,6mg kg⁻¹; Hg 0,3 mg kg⁻¹; Cr 378,9 mg kg⁻¹; Ni 102,6 mg kg⁻¹; Na 81,8mg kg⁻¹.

Primeiramente o lodo foi peneirado em peneira 2,5 mm, posteriormente, a quantidade de cada componente foram misturas e homogeneizada em uma betoneira. A mistura obtida foi colocada em sacos e levada ao campo para pesagem da quantidade necessária para cada tratamento. Após a aplicação da adubação em cada linha de plantio, realizou-se a semeadura na densidade de 15sementes m⁻¹.

A quantidade de FOM e adubo mineral a ser aplicado nos tratamentos teve como base a necessidade nutricional da cultura conforme análise de solo e produtividade esperada citada

acima. A dose calculada para atender 100% da necessidade nutricional da cultura foi 500 kg ha⁻¹ da formulação organomineral 02-08-10 sendo, portanto desta formulação; não adubação de base para a testemunha, 0% da dose recomendada; 250 kg ha⁻¹ para o tratamento 50% da dose recomendada e 750 kg ha⁻¹ para o tratamento 150% da dose recomendada para atender a necessidade nutricional da cultura. No tratamento adicional foram aplicados 10 kg ha⁻¹ de N tendo como fonte a uréia, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ tendo como fonte o MAP e 40 kg ha⁻¹ de K₂O tendo como fonte o KCl, e em cobertura 50 kg de N tendo como fonte uréia parcelado em duas aplicações, 20 e 30 DAE (IAC. Boletim técnico 100, 1996).

3.4 Unidade Experimental e Tratos Culturais

A área experimental foi constituída de parcelas formadas de seis linhas de 5m cada, espaçadas de 0,5m. Em cada parcela experimental foi tomada como área útil as quatro linhas centrais, desconsiderando 0,5m no início e no final da linha. Das quatro linhas, as duas centrais foram destinadas para análise da produtividade, as demais para análises destrutivas e de desenvolvimento. Os tratos culturais foram os comumente aplicados a cultura do feijoeiro, baseando no controle de plantas daninhas, pragas e doenças, sendo utilizado como herbicida o Fusiflex e, à época da colheita, como estava no período chuvoso foi utilizado o dessecante Reglone para auxiliar a secagem das vagens. A colheita foi realizada em 18/01/2021. As plantas do feijoeiro foram colocadas em sacos de linho e armazenados em local seco para posterior avaliação dos componentes e o rendimento da cultura.

3.5 Análises de desenvolvimento

3.5.1 Índice de Área Foliar (IAF)

A área foliar foi determinada um medidor portátil, modelo CI-202 PortableLeafArea Meter, da marca CID Bio-Science, coletando-se no estádio R5, cinco plantas por metro linear. O índice de área foliar é a relação entre o somatório da área das folhas de uma planta e a superfície do solo que ela ocupa. Equação 1:

$$IAF = \frac{AF * ST}{10.000} \quad (1)$$

Em que:

IAF = Índice de área foliar;

AF = Média da área foliar (m²) e,

ST = Estande final de plantas por hectare

3.5.2 Altura de Planta (AP)

Com auxílio de uma trena graduada, foi mensurada entre o colo da planta e a extremidade apical da haste principal da planta.

3.5.3 Diâmetro do Caule (DC)

Com auxílio de paquímetro foi medido o diâmetro do caule na região do colo sendo a medida, dada em mm.

3.5.4 Acúmulo de biomassas seca e fresca

Para obtenção das massas, foram realizadas coletas no estágio R5 em cada unidade, acondicionando as partes da planta em sacos plásticos de polipropileno (PP) e então encaminhadas ao laboratório. Para se obter a massa seca, os órgãos das plantas foram separados em: raiz e parte aérea, sendo as amostras colocadas em sacos de papel kraft, e então levadas a estufa a 75°C por um período de 48 horas, pesando-as posteriormente em balança de precisão (0,01g) para obtenção da matéria seca (MS). A massa fresca (MF) foi obtida com base na pesagem das raízes e da parte aérea (caules, folhas e vagens) logo após a amostragem em campo (BORGES et al., 2011).

3.6 Análises nutricionais

No florescimento foram determinados os teores de macro e micronutrientes nas folhas no feijoeiro. Para isso foram coletados vinte trifólios no terço médio de plantas aleatórias em cada parcela experimental, as amostras inicialmente lavadas em água. O material foi posto para secar primeiramente ao ar, sobre superfície limpa e a sombra. Posteriormente, embalado em sacos de papel kraft etiquetados e colocado para secar em estufa com circulação forçada de ar em temperatura de $\pm 70^{\circ}\text{C}$ por um período de 48 horas. Após, as amostras foram trituradas em moinho tipo Willey, e passado em peneiras de 425 μm , as análises foram realizadas no Laboratório de Química Analítica do Campus Henrique Santillo da Universidade Estadual de Goiás.

3.6.1 Nitrogênio (N)

Foram pesadas amostras de aproximadamente 0,50 g e homogeneizadas em 2,5 g de mistura catalítica (sulfato de potássio e sulfato de cobre) e 7,0 mL de ácido sulfúrico procedendo a digestão a uma temperatura de 450°C, sendo mantido nesta condição até o líquido ficar transparente. Após este procedimento, com a amostra fria (temperatura ambiente), o tubo de Kjeldahl foi adaptado ao destilador e adicionados cerca de 20mL de

solução de hidróxido de sódio a 50%, procedendo a destilação por 5 minutos. Foi acoplado ao destilador um Erlenmeyer (receptor do destilado) com 20,0 mL de solução de ácido bórico a 4% e 5 gotas de indicador misto (0,132 g de vermelho de metila e 0,06 g de verde de bromo cresol). Após, essa amostra foi titulada com solução de HCl a 0,01 mol L⁻¹, até o ponto de viragem detectado visualmente com a mudança da coloração da solução, de verde a rosado. Os resultados foram calculados pela equação 2, e expresso em gramas (CARMO et al., 2000).

$$N = \frac{V * M * f * 0,014}{p} \quad (2)$$

Em que:

N = Concentração de nitrogênio disponível em g;

V = Volume da solução de ácido clorídrico 0,1 mol L⁻¹ gasto na titulação após correção do branco (mL);

M = molaridade teórica da solução de ácido clorídrico 0,1 mol L⁻¹

f = Fator de correção da solução de ácido clorídrico 0,1 mol L⁻¹;

0,014 = miliequivalente em grama de nitrogênio e;

p = peso da amostra em gramas.

3.6.2 Fósforo (P)

O método está baseado na complexação do íon ortofosfato (P043+), em presença de ácido molíbdico (H2MoO4), que, em meio fortemente ácido e com um redutor (ácido ascórbico), converte o Mo⁶⁺ em Mo³⁺, produzindo o ácido fosfomolíbdico (H3[P(Mo3O10)]·H2O), de coloração azul, devida ao molibdênio, cuja intensidade da cor é proporcional à quantidade do fósforo contida na amostra, apresentando o máximo de absorção em 660 nm. Foram transferidos 5,0 mL de solução obtida a partir da decomposição da amostra para tubo de ensaio de 45,0 mL, adicionados 10,0 mL da solução diluída de molibdato (300 mL de solução concentrada ácida de molibdato de amônio em balão volumétrico de 1 L e adicionar água destilada até completar o volume) aproximadamente 40 mg de ácido ascórbico e homogeneizado. Após 30 min, foi realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro UV- 2000A Visível Instrutherm 190 a 1100 nm, comprimento de onda de 660 nm.

$$P = ((L/0,152) + 0,005) * 2 \quad (3)$$

Em que:

P = teor de fósforo disponível em g kg⁻¹;

L = Leitura da amostra, em absorbância

3= Fator de conversão gkg^{-1}

3.6.3 Potássio

Para determinação de K, foi diluído com água destilada, o extrato obtido na solubilização nítrico-perclórica, para que a concentração de K, na proporção 1:9, foi utilizado o fotômetro de chama da marca CORNING, modelo Flame photometer - 400.

$$K (\text{mg kg}^{-1}) = L/100 \quad (4)$$

Em que:

K = teor de Potássio disponível em mg L^{-1} ;

L = Leitura da amostra em %;

100 = fator de conversão de % para mg L^{-1}

3.6.4 Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)

Foram determinados empregando a volumetria de complexação. Foram pipetados 5 mL do extrato obtido na digestão nítrico-perclórica para um balão de 50 mL, juntamente com 2,5 mL de HCL 0,6 mol L^{-1} , completando o volume com água destilada até a marca de aferição do balão, determinada solução estoque da amostra. Deste volume, para determinação do teor de magnésio + cálcio, foram transferidos 2 mL para um erlenmeyer de 125 mL, 5 mL de solução tampão pH 10, 0,7 mL de indicador Negro de Eriocromo T e titulado com EDTA 0,002 mol L^{-1} , com ponto de equivalência da reação, em que a cor violeta desaparece, surgindo a cor azul. Para determinação isolada de cálcio, foram transferidos 2 mL da solução estoque para um erlenmeyer de 125 mL, 17 gotas de solução NaOH 3 mol L^{-1} (pH 12), 5 gotas de indicador Azul de Eriocromo R e titulado com EDTA 0,002 mol L^{-1} , com ponto de equivalência da reação, em que a cor violeta desaparece, surgindo a cor azul. Seguindo, o teor de magnésio foi determinado por diferença.

$$Ca_1 = (0,002 \cdot v)/2 \quad (5)$$

$$Ca_2 = 40,078 \cdot Ca_1 \quad (6)$$

$$Ca_3 = Ca_2 \cdot 50/1000 \quad (7)$$

$$Ca_4 = (Ca_3 \cdot 1000)/0,5 \quad (8)$$

$$Mg_1 = (0,002 \cdot v)/2 \quad (9)$$

$$Mg_2 = 24,304 \cdot Mg_1 \quad (10)$$

$$Mg_3 = (Mg_2/1000)/0,5 \quad (11)$$

$$Mg_4 = (Mg_3 \cdot 1000)/0,5 \quad (12)$$

Em que:

Ca_1 e Mg_1 = Concentração em mol L⁻¹;

Ca_2 e Mg_2 = Concentração em g L⁻¹;

Ca_3 e Mg_3 = Concentração em g g⁻¹;

Ca_4 e Mg_4 = Teor de Ca ou/e Mg em g kg⁻¹;

0,002 = Concentração da solução de EDTA em mol L⁻¹;

50 = Volume da amostra digerida em ml;

2 = volume de amostra utilizado na titulação;

0,5=40,078 e 24,304 = Massa molar de Ca e Mg respectivamente;

1000 = Fator de conversão.

3.6.5 Cobre, Ferro, Zinco e Manganês

Os micronutrientes das folhas do feijoeiro foram determinados, utilizando-se um Espectrômetro da marca Perkin Elmer modelo PinAAcle 900F por absorção atômica de chama.

3.7 Análises agronômicas

As análises agronômicas foram realizadas baseando-se nos dados de 10 plantas coletadas na área útil central de cada unidade experimental na ocasião da colheita, e a produtividade de grãos com base na colheita das plantas das duas linhas centrais.

3.7.1 Número de vagens por planta (NVP)

Média obtida com base no número de vagens obtido das plantas coletadas.

3.7.2 Número de grãos por vagem (NGV)

Média obtida com base no número de grãos obtidos no total de vagens das plantas.

3.7.3 Peso de 100 grãos (P100)

Obtido utilizando amostras aleatórias de 100 grãos das plantas coletadas na área útil.

3.7.4 Produtividade de grãos

Calculada pela massa dos grãos provenientes de todas as plantas coletadas na área útil, pesando-as em balança de precisão de 0,01g, o resultado extrapolado para kg ha⁻¹.

3.8 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$), e quando significativos, as médias provenientes dos tratamentos qualitativos foram comparadas pelo teste de Tukey 5% de probabilidade, e nos quantitativos foi aplicada a análise de regressão. Para comparação com o fator adicional foram calculadas as médias e realizado o teste de Duncan. As análises estatísticas foram obtidas utilizando o Software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014) e o programa R (R core team, 2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de desenvolvimento da planta

Pelos resultados da análise de variância pode-se constatar efeito significativo do fator aplicação de inoculante em cobertura de forma isolada sobre o variável acúmulo de biomassa fresca (Bfresca) e seca (Bseca). Não houve efeito da interação doses de organomineral x aplicação de inoculante em cobertura e das doses de organomineral sobre nenhuma variável morfológica do feijoeiro avaliado por ocasião do florescimento. Em contrapartida, a exceção do IAF, as demais variáveis morfológicas do feijoeiro avaliadas foram influenciadas pela interação dos tratamentos fatorial x adicional (Tabela 5).

Quanto à precisão experimental, pode-se verificar que em geral houve boa precisão experimental na obtenção de dados, sendo que somente o acúmulo de biomassas fresca e seca apresentaram valores de CVs muito elevados (> 30%) segundo Pimentel-Gomes (1990), apesar disso sendo detectado efeito significativo dos tratamentos sobre as variáveis em questão.

Tabela 5. Resumo da Anova (Quadrados Médios) das variáveis morfológicas do feijoeiro cv. BRS FC104 na fase da floração, submetido à adubação com organomineral em combinação ou não com aplicação de inoculante em cobertura. UEG/CET, Anápolis-GO, 2021.

Fontes de Variação	Quadrados Médios						
	Variáveis Morfológicas						
	GL	IAF	AP	DC	CPRZ	Bfresca	Bseca
Blocos	3	0,151 ^{ns}	98,77 ^{ns}	0,0978 ^{ns}	9,157 ^{ns}	73,932 ^{ns}	1,787 ^{ns}
Org	3	0,1525 ^{ns}	166,20 ^{ns}	0,246 ^{ns}	14,74 ^{ns}	682,691 ^{ns}	28,606 ^{ns}
ARC	1	0,5 ^{ns}	19,65 ^{ns}	0,245 ^{ns}	4,28 ^{ns}	1378,12*	49,005*
Org x ARC	3	0,341 ^{ns}	53,18 ^{ns}	0,281 ^{ns}	9,85 ^{ns}	160,28 ^{ns}	11,11 ^{ns}
Resíduo	25	0,328	154,79	0,439	12,36	254,23	9,836
Fat. X Ad.	-	0,045 ^{ns}	1576,88*	7,094*	98,82*	1649,29*	122,722*
Total	35	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	17,5	17,0	13,1	14,8	31,8	33,2

GL- Grau de Liberdade; CV(%) - Coeficiente de Variação; IAF – Índice de área foliar; AP – Altura da planta; DC – Diâmetro do caule; CPRZ - Comprimento da raiz; Bfresca–Biomassa fresca; Bseca – Biomassa seca; Org – Organomineral; ARC – Aplicação de Rizóbios em Cobertura; Fat. – Fatorial; Ad.- Fator adicional.

Fonte: A autora

Os maiores valores médios do acúmulo de biomassas fresca e seca do feijoeiro por ocasião do florescimento, respectivamente 69 e 15 g planta⁻¹, foram verificados no tratamento com adubação mineral, seguido da adubação com organomineral sem aplicação de inoculante em cobertura. Por outro lado, os menores valores médios referente aos acúmulos de biomassas fresca e seca, 43 e 8 g planta⁻¹ respectivamente, foram obtidos no tratamento adubo organomineral com aplicação de inoculante em cobertura (Figura 2 a,b). O pronto fornecimento de N garantido pela fonte mineral usada (uréia) pode ser responsável pela maior produção de biomassas acumuladas pelas plantas na fase de maior exigência das plantas, ou seja, florescimento, comparado aos demais tratamentos.

O fato da fonte organomineral usada apresentar liberação mais lenta de N às plantas durante o processo de mineralização (SOUSA et al., 2021), associado a demora no estabelecimento de bactérias nodulíferas aplicadas próximo ao sistema radicular do feijoeiro em cobertura, além da presença de bactérias nativas no solo (KASCHUK et al., 2006; GRANGE e HUNGRIA, 2004), justifica os menores valores médios de biomassas produzidas, visto o não atendimento das existências nutricionais na planta em N.

Ferreira et al. (2020) avaliando uso de organomineral (Fertpeixe) para adubação do feijão, constataram interação significativa para as variáveis massa seca e massa fresca com o teste de Tukey para todas as doses.

Considerando que os menores valores foram encontrados nos tratamentos com a aplicação de inoculante em cobertura, deve-se considerar que o sucesso da inoculação do feijoeiro com estirpes de rizóbio com eficácia está associado à tendência competitiva e a sua adaptação às condições ambientais adequadas (PELEGRIN, 2009).

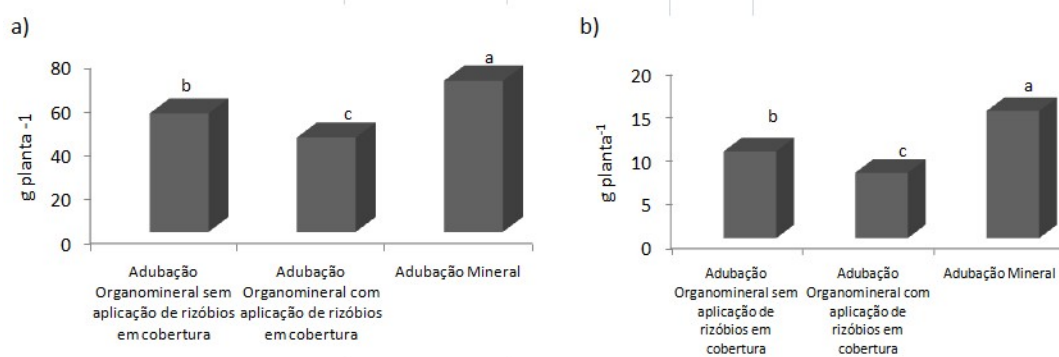


Figura 2. a) Biomassa fresca (g planta⁻¹) e b) biomassa seca (g planta⁻¹) do feijoeiro comum cultivar BRS FC 104 em função da adubação com formulado organomineral, sem e com aplicação de rizóbios em cobertura e o tratamento adicional com adubação mineral. UEG/CET, Anápolis-GO, 2021.

A altura de plantas de feijão avaliada por ocasião do florescimento apresentou maior valor médio no tratamento adubo mineral (92 cm), seguido dos tratamentos organomineral com e sem aplicação de inoculante em cobertura 70 e 72 cm respectivamente (Figura 3), corroborando aos resultados verificados para a biomassa fresca e seca acumulada.

A altura de planta do feijoeiro numa pesquisa com adubação com organomineral a base de torta de filtro e sem adubação mineral apresentou desenvolvimento similar em todas as doses, sendo a maior altura em relação ao tratamento controle, obtida com a fonte nitrogenada uréia na dosagem de 40kg ha^{-1} , corroborando com o presente estudo em que a maior AP foi obtida com a fonte mineral. (ALMEIDA, 2019).

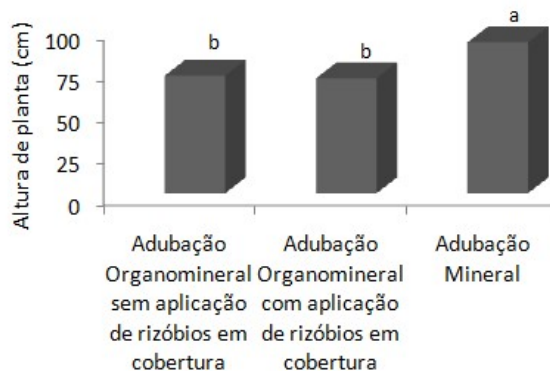


Figura 3. Altura da planta (cm) de feijão BRS FC 104 em função da adubação com organomineral, sem e com aplicação de rizóbios em cobertura e o tratamento adicional com adubação mineral. UEG/CET, Anápolis-GO, 2021.

As variáveis diâmetro de caule principal e comprimento de raiz apresentaram comportamento semelhante à altura de planta, assim como as biomassas produzidas fresca e seca, produzidas pelas plantas de feijão no florescimento (Figuras 4 e 5). Destaca-se que o maior valor médio de diâmetro de caule (6 cm) verificado no tratamento adubação mineral de N, comparativamente ao valor médio de 5 cm de diâmetro para os tratamentos adubação organomineral sem e com aplicação de inoculante, somente apresentou diferença estatística entre os tratamentos devido ao baixo valor de CV.

Mariano (2019) estudando atributos químicos do solo, trocas gasosas e produção de fava (*phaseolus lunatus l.*) submetida à inoculação e a diferentes fontes de adubação, obteve maiores médias de diâmetro do caule nas plantas submetidas à adubação mineral, adubação mineral combinada ao bioestimulante, à adubação orgânica, adubação orgânica + inoculação, adubação orgânica + bioestimulante e adubação mineral + inoculação ($p < 0,05$). Estas

adubações promoveram um maior diâmetro de caule, provavelmente, por se tratarem de fontes nutricionais mais equilibradas em relação aos demais tratamentos.

Com relação ao comprimento de raiz principal, o maior valor médio – 28 cm foi obtido no tratamento adubação mineral nitrogenada, enquanto o menor valor médio – 23 cm foi verificado no tratamento organomineral, com e sem aplicação de inoculante.

As mesmas justificativas atribuídas os efeitos dos tratamentos nas variáveis acúmulo de biomassas podem ser usadas aqui visando justificar o efeito dos tratamentos sobre as variáveis diâmetro de caule e comprimento de raiz.

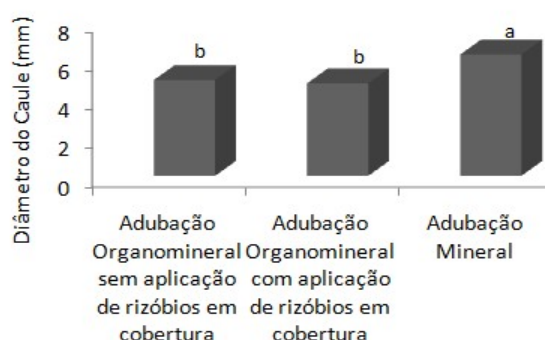


Figura 4. Diâmetro do caule (mm) de feijão cv. BRS FC 104 em função da adubação com formulado organomineral, sem e com aplicação de rizóbios em cobertura e o tratamento adicional com adubação mineral. UEG/CET, Anápolis-GO, 2021.

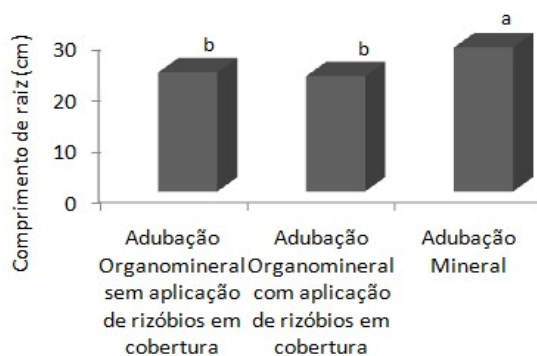


Figura 5. Comprimento da raiz principal (cm) da cultivar de feijão BRS FC104 em função da adubação com organomineral, sem e com aplicação de rizóbios em cobertura e o tratamento adicional com adubação mineral. UEG/CET, Anápolis-GO, 2021.

4.2 Análise nutricional de planta

O resultado da análise nutricional obtida da análise foliar no estágio de desenvolvimento do florescimento pleno do feijoeiro pode-se constatar efeito somente dos

teores foliares de N, Ca e Fe para a interação adubo organomineral versus aplicação de inoculante. A interação tratamento fatorial versus tratamento adicional influenciou somente o teor foliar de N nas plantas de feijão (Tabela 6).

Quanto a precisão experimental, pode-se averiguar que somente os teores foliares do macronutriente Mg mais os micronutrientes Cu, Fe e Mn apresentaram valores de CVs elevados ($> 20\%$), segundo classificação atribuída por Pimentel-Gomes (1990), contudo, ainda sim foi verificado efeito significativo dos tratamentos sobre o teor foliar de Fe.

Tabela 6. Resumo da Anova (Quadrados Médios) das variáveis nutricionais da cultivar de feijão BRS FC104 na fase da floração, submetido à adubação com organomineral, com a combinação ou não da aplicação de inoculante em cobertura. UEG/CET, Anápolis-GO, 2021.

Quadrados Médios										
Fontes de Variação	Macronutrientes					Micronutrientes				
	GL	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	23,11 _{ns}	5,92*	4e ⁻⁴ *	35,20 _{ns}	0,61 _{ns}	7,46 _{ns}	37861 _{ns}	6616 _{ns}	2,6e ⁻³ _{ns}
Org	3	2,20 _{ns}	0,11 _{ns}	1e ⁻⁵ _{ns}	26,36 _{ns}	1,86 _{ns}	0,92 _{ns}	9446 _{ns}	4498 _{ns}	7,2e ⁻⁴ _{ns}
ARC	1	0,28 _{ns}	2,05 _{ns}	0 _{ns}	75,03 _{ns}	1,53 _{ns}	0,50 _{ns}	4348 _{ns}	3719 _{ns}	3,8e ⁻⁴ _{ns}
Org x ARC	3	85,03*	0,15 _{ns}	4e ⁻⁵ _{ns}	98,53*	1,36 _{ns}	3,58 _{ns}	172,78*	2527 _{ns}	4,6e ⁻⁴ _{ns}
Resíduo	25	15,83	0,90	7e ⁻⁵ _{ns}	23,37	1,88	5,17	10670	2554	1,7e ⁻³
Fat. X Ad.	-	218,75*	0,21 _{ns}	6e ⁻⁵ _{ns}	0,17 _{ns}	1,003 _{ns}	1,39 _{ns}	3035,5 _{ns}	26469 _{ns}	3,7e ⁻⁴ _{ns}
Total	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)		12,5	17,1	1,0	18,9	27,5	26,9	24,3	26,3	2,5

GL- Grau de Liberdade; CV(%) - Coeficiente de Variação; N - Nitrogênio; P - Fósforo; K - Potássio; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; Cu - Cobre; Fe - Ferro; Mn - Manganês; Zn - Zinco; Org. - Organomineral; ARC - Aplicação de Rizóbios em Cobertura, Ad.- Fator adicional.

Fonte: A autora

O teor foliar de N foi influenciado pela interação dos fatores componentes do fatorial, doses de organomineral versus aplicação ou não de inoculante em cobertura, com ajuste de modelo de equação quadrático, sendo o maior teor foliar de N por ocasião do florescimento, 34 g kg⁻¹, obtido com o emprego da proporção de 100% da dose recomendada para a nutrição da cultura, de adubo organomineral de lodo de esgoto sem aplicação do inoculante, comparado ao uso de organomineral com aplicação de rizóbio em cobertura (Figura 6). Destaca-se ainda, que o teor foliar de N encontrado no tratamento testemunha (dose zero) do adubo organomineral, 25 g kg⁻¹, sofreu acréscimo de 36% com a adição da dose de organomineral na dose que propiciou maior teor de N citada acima, sem a aplicação de

inoculante, podendo afirmar que a fonte de adubo organomineral usado é capaz de propiciar acúmulo de teor de N nas plantas de feijão.

Em contrapartida, o tratamento em que foi feita aplicação de inoculante em cobertura em complementação a adubação com organomineral na semeadura, não propiciou maiores teores foliares de N nas diferentes doses de organomineral estudadas comparado a não uso do rizóbio, justificando em parte a não eficiência de inoculante usado como adubação de cobertura em fornecer a quantidade de N necessário ao bom desenvolvimento do feijoeiro. A falta de resposta da cultura de feijão a inoculação de células rizobianas é confirmada em várias situações (RUFINI, 2010). A partir da referida proporção da dose do formulado organomineral adicionado na base (100%), independente da aplicação ou não de rizóbio em cobertura, foi possível observar redução do teor foliar de N nas plantas de feijão, certamente pela ocorrência de efeito fitotóxico promovido pelas elevadas doses de organomineral a base de lodo de esgoto, enriquecida com nutrientes minerais adicionado ao solo antes da semeadura.

Marschner (1995) e Malavolta et al. (1997), consideram que este efeito é comum de ocorrer quando se adiciona doses de nutrientes em excesso prontamente absorvidas pelas plantas a exemplo da fonte uréia que foi empregada para enriquecer o adubo organomineral usado no presente estudo. Entretanto, não foi observado visualmente sintomas de toxidez ou deficiência nas plantas de feijão nos tratamentos que receberam as doses de organomineral estudadas.

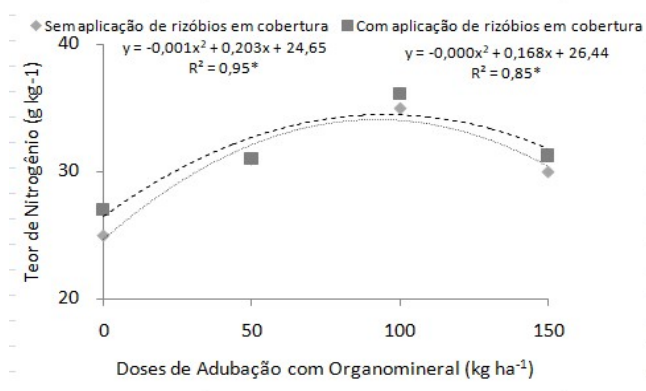


Figura 6. Teor foliar (g kg^{-1}) de nitrogênio no estágio R5 – florescimento pleno da cultivar de feijão BRS FC 104 em função das doses de adubação organomineral, com e sem aplicação de rizóbios em cobertura. UEG/CET, Anápolis-GO, 2021.

Quanto a interação tratamento fatorial versus tratamento adicional, pode-se averiguar maior teor foliar de N (39 g kg^{-1}) no tratamento em que foi empregado adubação mineral

nitrogenada, comparado aos tratamentos adubação com organomineral, sem e com aplicação de inoculante, cujos valores médios respectivos foram de 32 e 31 g kg⁻¹, não diferindo estatisticamente entre si (Figura 7). Estes resultados confirmam que o adubo mineral nitrogenado foi mais eficiente em promover acréscimos do teor foliar de N no feijoeiro comparado a fonte organomineral a base de lodo de esgoto, assim como as células rizobianas aplicadas em cobertura.

Lobo et al., 2015 avaliando os efeitos do nitrogênio e do lodo de esgoto na nutrição do feijoeiro, verificaram na que para os teores de N os tratamentos nas dosagens de 100%, 150% e 200% com adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto atingiram valores acima dos adequados e os tratamentos sem adubação nitrogenada, com adubação química nitrogenada recomendada de acordo com a cultura e no tratamento com 50% de adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto e 50% de adubação nitrogenada na forma mineral atingiram valores de acordo com os parâmetros considerados adequados.

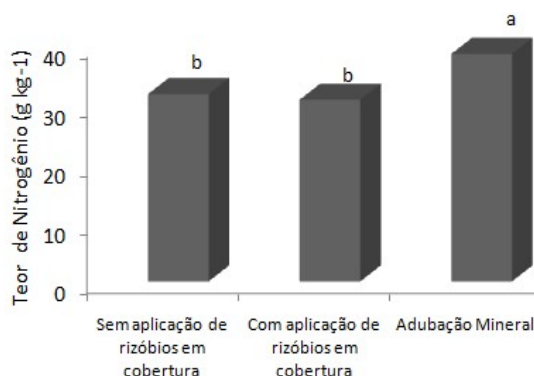


Figura 7. Teor foliar (g kg⁻¹) de nitrogênio no estágio R5 – florescimento pleno da cultivar de feijão BRS FC 104 em função da adubação com formulado organomineral, com e sem aplicação de rizóbios em cobertura e o tratamento adicional com adubação mineral. UEG/CET, Anápolis-GO, 2021.

O teor foliar de Ca no florescimento do feijoeiro foi influenciado pela interação dos fatores doses do adubo organomineral versus com e sem aplicação de inoculante, com ajuste de modelo quadrático (Figura 8). O tratamento adubo organomineral na dose de 100% da recomendação para nutrição da cultura, sem aplicação de inoculante, propiciou maior teor foliar de Ca – 30 g kg⁻¹ comparado ao tratamento com aplicação de inoculante cujo maior teor foliar - 27 g kg⁻¹ foi obtido na dose máximo do adubo organomineral que propiciou maior teor foliar de Ca, mostrando que a aplicação do inoculante rizobiano foi menos eficiente em

promover acréscimo do teor foliar de Ca na cultura do feijão quando aplicado com o adubo organomineral na nutrição de feijão.

Costa et al., 2015, em estudo com produtividade do feijoeiro de inverno em palhada antecessora de braquiárias adubadas com nitrogênio, observou que com o aumento do teor de N fornecido às espécies forrageiras antes do cultivo do feijoeiro, houve incrementação no teor nutricional foliar de Ca e Mg na primeira safra (2009) e de N, Ca e Mg na segunda safra, temporada (2010). Pois, coma decomposição dos resíduos vegetais, os nutrientes são liberados, sendo absorvidos pelo feijão de inverno cultivado em sucessão.

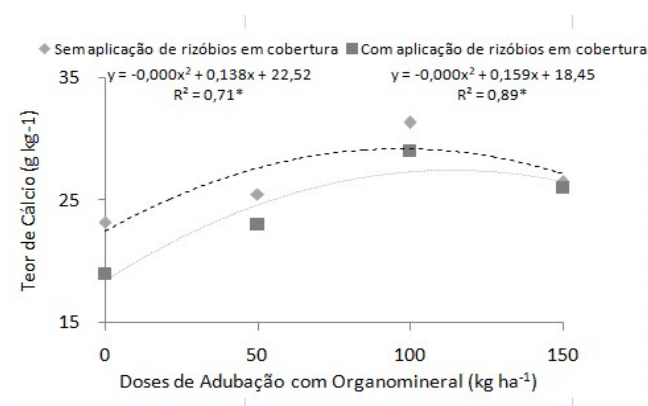


Figura 8. Teor foliar (g kg^{-1}) de cálcio no estágio R5 – florescimento pleno da cultivar de feijão BRS FC 104 em função das doses de adubação organomineral, com e sem aplicação de rizóbios em cobertura. UEG/CET, Anápolis-GO, 2021.

O emprego do adubo organomineral na dose aproximada de 87 % da recomendação para a nutrição da cultura, sem aplicação de inoculante propiciou maior teor de Fe (477 mg kg^{-1}) encontrado nas folhas de feijão (Figura 9), comparado a fertilização com organomineral com adição de inoculante, cujo valor máximo foliar de Fe (449 mg kg^{-1}) foi obtido na dose de 89 % da recomendação para a nutrição da cultura, confirmado novamente que a adição do inoculante em cobertura não é benéfico ao aumento do teor de Fe nas folhas de feijão por ocasião do florescimento.

Num estudo avaliando a eficiência nutricional e produtividade do milho pelo uso de biofertilizante orgânico, Dornas et al., (2020), encontraram teores de Fe dentro do que é recomendado para a cultura, para os dois produtos avaliados e foram superiores a testemunha, diferente do presente estudo em que os teores de ferro ultrapassaram um pouco o valor considerado adequado, porém não apresentando sintomas de fitotoxicidade.

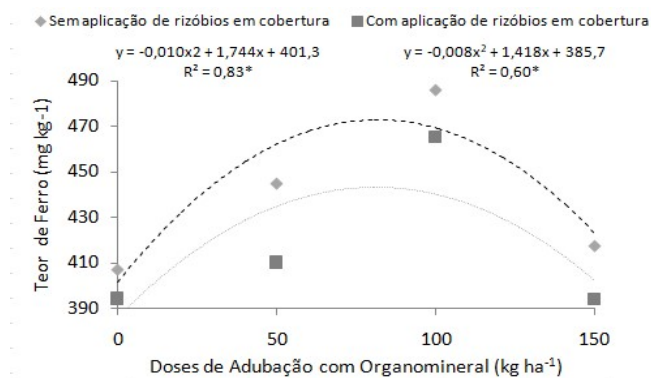


Figura 9. Teor foliar (mg kg^{-1}) de ferro no estágio R5 – florescimento pleno da cultivar de feijão BRS FC 104 em função das doses de adubação organomineral, com e sem aplicação de rizóbios em cobertura. UEG/CET, Anápolis-GO, 2021.

Os teores máximos e mínimos de macronutrientes encontrados nas folhas de feijão cv. BRS 104 por ocasião do florescimento, em função dos tratamentos com adubação organomineral, combinado ou não com aplicação de rizóbio em cobertura são apresentados abaixo (Tabela 5). Destaca-se estes dados não foram submetidos à análise de variância.

Pode-se averiguar em geral, que os teores foliares médios de N, variam pouco em relação aos tratamentos com aplicação ou não de inoculante em cobertura associando a fertilização com diferentes doses de organomineral a base de lodo de esgoto, mesmo nas maiores doses testadas do adubo em questão. Por outro lado, o fornecimento do adubo mineral uréia propiciou maior teor de N foliar no feijoeiro em relação aos demais tratamentos – 39 g kg^{-1} . (Tabela 7), atribuído à disponibilidade de formas prontamente assimilável pelo sistema radicular da planta comparativamente ao adubo organomineral, além do fato da demora de estabelecimento de população bacteriana fixadora de N aplicada próximo as raízes das plantas no florescimento (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA et al., 1997).

Para Malavolta et al. (1997), o teor foliar de N adequado no feijão na fase de florescimento (estádio R5) varia de $30\text{-}50 \text{ g kg}^{-1}$, assim pode-se constatar que os teores médios de N encontrados neste trabalho em função dos tratamentos aplicados, até mesmo na testemunha, que variam de $27\text{ a }35 \text{ g kg}^{-1}$ estão próximos aos limites considerados adequados para o bom desenvolvimento da cultura de feijão. Com relação aos demais macronutrientes avaliados (P, Ca e Mg) no florescimento, pode-se constatar que os teores foliares encontrados no feijoeiro apresentaram poucas variações em função dos tratamentos aplicados, com valores teores médios de P entre $5\text{-}6 \text{ g kg}^{-1}$; de K entre $22\text{-}32 \text{ g kg}^{-1}$; de Ca entre $19\text{-}31 \text{ g kg}^{-1}$ e Mg entre $3\text{-}5 \text{ g kg}^{-1}$, e que estão próximos ou se enquadram dentro dos limites considerados por

Malavolta et al. (1997) como adequados para cultura do feijão no florescimento, quais sejam: P (2-3 g kg⁻¹), K (20-25 g kg⁻¹), Ca (15-20 g kg⁻¹) e Mg (4-7 g kg⁻¹).

Tabela 7. Valores dos teores máximos, mínimos e médios dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg nas folhas da cultivar BRS FC104, submetido a doses de adubo organomineral, com e sem a presença de inoculação com rizóbio em adubação de cobertura e com adubação mineral. UEG/CET, Anápolis – GO, 2021.

Índices	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
-----g kg ⁻¹ -----										
	Tratamentos 0% organo s/ rizóbio					0% organo c/ rizóbio				
Máximo	33	7	56	25	8	35	7	28	31	5
Mínimo	29	4	18	21	2	21	5	20	20	3
Média	31	5	32	23	5	30	6	26	26	4
	Tratamentos 50% organo s/ rizóbio					50% organo c/ rizóbio				
Máximo	37	7	54	27	6	29	7	28	36	6
Mínimo	34	5	18	23	4	25	5	17	25	5
Média	35	5	31	26	5	27	6	23	29	6
	Tratamentos 100% organo s/ rizóbio					100%organo c/ rizóbio				
Máximo	37	6	28	37	7	37	8	29	27	6
Mínimo	20	5	17	25	5	30	5	20	16	4
Média	27	5	22	31	6	35	6	25	23	5
	Tratamentos 150% organo s/ rizóbio					150% organo c/ rizóbio				
Máximo	36	5	27	35	6	36	7	38	26	6
Mínimo	29	5	24	22	4	30	5	23	8	4
Média	31	5	25	28	5	32	6	28	19	5
	Adubação mineral									
Máximo	42	8	38	29	7					
Mínimo	36	4	17	21	3					
Média	39	6	26	2	5					

Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg).

Fonte: A autora

Quanto aos micronutrientes avaliados em função dos tratamentos realizados, os teores foliares encontrados no feijoeiro em pleno florescimento variam de: Cu (7-10 mg kg⁻¹); Fe (394-486 mg kg⁻¹); Zn (36-57 mg kg⁻¹) e Mn (162-294 mg kg⁻¹) (Tabela 8). Assim, pode-se notar que o valores médios de micronutrientes encontrados enquadram-se entre os limites dos teores considerados por Malavolta et al. (1997) como adequados para o bom desenvolvimento da cultura do feijão na floração: Cu (10 – 20 mg kg⁻¹), Fe (100 -450 mg kg⁻¹), Zn (20 - 100 mg kg⁻¹) e Mn (30 - 300 mg kg⁻¹).

Rodrigues (2019), em pesquisa utilizando lodo de esgoto como matriz orgânica na formulação de adubo organomineral na cultura da soja, obteve que os tratamentos minerais não diferiram dos organominerais em relação a absorção dos micronutrientes Cu, Fe, Zn e Mn, corroborando com a presente pesquisa

Tabela 8. Valores dos teores máximos, mínimos e médios dos micronutrientes Cu, Fe, Zn, e Mn nas folhas da cultivar BRS FC104, submetido a doses de organomineral, com e sem a presença de inoculação com rizóbio em adubação de cobertura. UEG/CET, Anápolis – GO, 2021.

Índices	Cu	Fe	Zn	Mn	Cu	Fe	Zn	Mn
-----mg kg ⁻¹ -----								
	Tratamentos 0% organo s/ rizóbio				0% organo c/ rizóbio			
Máximo	12	502	55	240	10	495	42	274
Mínimo	5	392	36	128	6	250	34	160
Média	7	445	45	198	9	410	39	228
	Tratamentos 50% organo s/ rizóbio				50% organo c/ rizóbio			
Máximo	12	718	44	333	11	620	51	215
Mínimo	8	300	37	138	5	360	22	157
Média	10	486	41	231	8	465	39	187
	Tratamentos 100% organo s/ rizóbio				100% organo c/ rizóbio			
Máximo	10	500	46	28	10	543	28	200
Mínimo	6	300	32	197	7	302	26	13
Média	8	407	39	40	9	394	43	193
	Tratamentos 150% organo s/ rizóbio				150% organo c/ rizóbio			
Máximo	12	500	109	272	10	443	44	183
Mínimo	6	332	24	124	6	358	27	123
Média	9	417	36	179	8	394	37	153
	Adubação mineral							
Máximo	13	508	109	181				
Mínimo	6	272	33	82				
Média	9	398	57	115				

Cobre(Cu), Ferro(Fe), Zinco(Zn), Manganês (Mn).

Fonte: A autora

Em razão das poucas variações dos valores médios dos teores de macronutrientes e micronutrientes encontrados as folhas de feijão no florescimento, associado ao fato dos teores de nutrientes enquadrarem dentro dos limites considerados adequados na literatura (MALAVOLTA et al., 1997), mesmo para as maiores doses do adubo organomineral a base de lodo de esgoto estudadas, combinando ou não com aplicação de rizóbio em cobertura no

estádio V4 , pode-se dizer que não houve desequilíbrio nutricional da plantas, com sintomas de toxidez ou deficiência, gerado pelas aplicações dos tratamentos testados.

4.3 Análise de produtividade de grãos

O componente do rendimento avaliado após a colheita, número de vagens por planta foi influenciado pela interação dos fatores doses de adubo organomineral versus aplicação de inoculante em cobertura do fatorial e pela interação do fatorial versus adicional, ao passo que o número de grãos por vagem e o peso de 100 grãos foram influenciados isoladamente pelos fatores aplicação de inoculante e doses de organomineral, respectivamente. Já o rendimento de grãos foi influenciado pelo fator aplicação de inoculante e pela interação entre tratamento fatorial versus tratamento adicional (Tabela 9).

Os componentes apresentaram CVs que variaram de 6,0 a 15,4%, enquanto ao rendimento de grãos apresentou CV. de 26,7%. Baseado em Pimentel-Gomes (1990), que classifica CV em estudos na área de Ciências Agrárias da seguinte forma: baixo, quando inferior a 10%; médio, entre 10 e 20%; alto, quando entre 20 e 30%; e muito alto, quando são superiores a 30%, pode-se afirmar que somente o rendimento de grãos apresentou baixa precisão experimental. Entretanto, estudo conduzido por Oliveira et al. (2009) sobre precisão experimental em estudo específico com feijão, constaram que os limites máximos dos CVs aceitável em relação aos componentes e rendimento de grãos são: vagem por planta (26,3%), grãos por vagem (18,3%), peso de 100 grãos (11,3%) e rendimento (24,8%). Assim, somente o rendimento de grãos ficou um pouco acima do limite aceitável para boa precisão experimental.

Tabela 9. Resumo da Anova (Quadrados Médios) das variáveis agronômicas do feijoeiro cv. BRS FC 104, submetido à adubação com organomineral em combinação ou não com aplicação de inoculante em cobertura. UEG/CET, Anápolis-GO, 2021.

Fontes de variação	Quadrados Médios				
	Variáveis agronômicas				
	GL	NVPNGV	P100G	REND	
Bloco	3	1,4952*	0,0325ns	1,6145ns	832140,33*
Org	3	0,9439ns	0,0342ns	12,9022*	4014904,83ns
ARC	1	1,1819ns	0,0968*	2,4090ns	4668040,12*
Org x ARC	3	1,5930*	0,0067ns	1,6059ns	175405,79ns
Resíduo	25	0,3934	0,0178	1,7039	301416,32
Ad. x Fatorial	-	3,7242*	0,0019ns	0,6032ns	2608328*
Total	35				
CV (%)		6,0	15,4	5,1	26,6

GL- Grau de Liberdade; CV(%) - Coeficiente de Variação; NGV – Número de grãos por vagem; NVP – Número de vagens por planta; P₁₀₀– Peso de cem grãos; R – Rendimento; Org. - Organomineral; ARC - Aplicação de Rizóbios em Cobertura; Ad.- Fator adicional; Fat. – Fatorial.

O número de vagens por planta foi influenciado pela interação dos fatores doses de adubo organomineral versus aplicação ou não de inoculante em cobertura, componentes do fatorial, com ajuste de modelo quadrático para ambos os fatores. Neste aspecto, pode-se observar que o maior número de vagens por planta (22) foi obtido usando a dose do adubo organomineral na dose de 110 % da recomendação para a nutrição da cultura, sem aplicação do inoculante em cobertura, em relação a não aplicação do inoculante com o adubo organomineral (Figura 10a).

O confronto tratamento fatorial, envolvendo aplicação de organomineral, combinado ou não com aplicação de rizóbio em cobertura, diferenciou do tratamento adicional, com o maior número de vagens sendo obtido com a adição adubo mineral nitrogenado (Figura 10b), confirmando que esta fonte foi mais eficiente em atender a demanda de N do feijoeiro, comparado ao uso do adubo organomineral independente da associação ou não da aplicação de rizóbio em cobertura no florescimento.

Andrade e Janegitz (2017), pesquisando a influência da adubação organomineral no desenvolvimento do feijão em solo de textura arenosa observaram quanto aos valores obtidos para a quantidade de vagens, que o tratamento com a adubação orgânica produziu maior número de vagens, e que diferiu estatisticamente do tratamento que utilizou o adubo organo-

mineral. Por outro lado, o tratamento testemunha, apresentou menor número de vagens produzidas, viabilizando a pratica de adubação organomineral na cultura do feijoeiro.

O número de vagens por planta é dentre os componentes o mais influenciado pelos fatores do meio, a exemplo de adubos e inoculantes aplicados na fertilização de culturas agrícolas, e aquele mais estritamente relacionados ao rendimento de grãos, corroborando à relatos de pesquisa com feijão (DIDONET e COSTA, 2004; RAMOS JÚNIOR et al., 2005; TEIXEIRA et al. 2008).

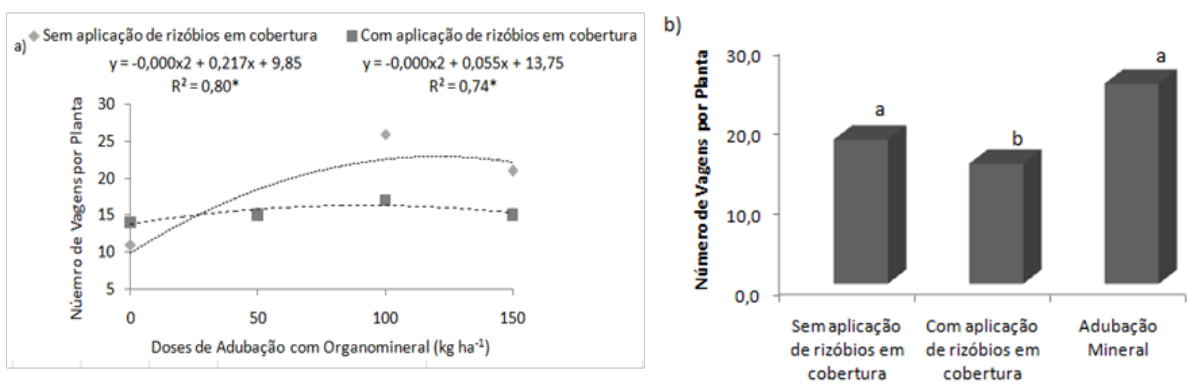


Figura 10. a) Número de vagens por planta feijão cv. BRS FC104 em função da interação doses de adubo organomineral, com e sem aplicação de rizóbios em cobertura e b) interação tratamento fatorial x tratamento adicional. UEG/CET, Anápolis-GO, 2021.

Apesar dos componentes número de grãos por vagem e peso de 100 grãos sofrerem maior influência da herança genética da planta, houve efeito significativo dos tratamentos sobre ambos. O maior número de grãos por vagem foi verificado com a aplicação de organomineral sem inoculante em cobertura (5,0) em relação ao tratamento com aplicação de inoculante (4,8) (Figura 11a). Nota-se que a diferença entre os números de grãos por vagem entre os dois tratamentos em questão foi pequena, e diferença estatística somente ocorreu em razão do baixo valor de CV verificado para esta característica – 6,0% (Tabela 9). Já o peso de 100 grãos foi influenciado pela fertilização com adubo organomineral, sendo ajustado modelo quadrático, sendo maior peso obtido (25 g) na dose de 92 % da recomendação para nutrição da cultura (Figura 11b).

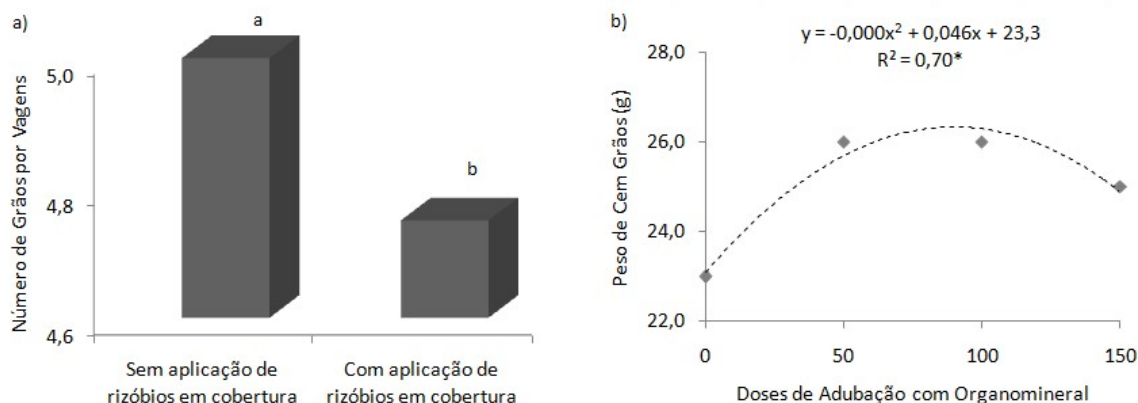


Figura 11. Número de grãos por vagem em função da aplicação de inoculante (a) peso de 100 grãos (g) (b) em função de doses de organomineral. UEG/CET, Anápolis-GO, 2021.

Numa pesquisa comparativa realizada por Nakayama, Pinheiro e Zerbini (2013) entre a adubação organomineral e a fonte mineral na cultura do feijoeiro observaram que o fertilizante organomineral proporcionou maiores números de grãos por vagem, confirmando o presente estudo, fator este que pode ser explicado pela elevada solubilidade do nitrogênio químico e orgânico. Enquanto o nitrogênio químico está logo disponível para a planta, sofrendo perdas por lixiviação ou vaporização, o nitrogênio orgânico é disponibilizado lentamente a cultura (OLIVEIRA et al., 2014).

Os maiores rendimentos de feijão cv. BRS FC 104 foram obtidos com o uso de adubação mineral nitrogenada – 2.820 kg ha⁻¹, seguido do tratamento adubo organomineral sem aplicação do rizóbio – 2.355 kg ha⁻¹, não diferindo estatisticamente entre si. Assim, pode dizer, que o adubo mineral orgânico poder ser usado na fertilização de feijão, pois atende as exigências nutricionais da cultura, incluindo a demanda de nitrogênio, dispensando assim ao uso de adubo mineral nitrogenado como fonte de N, na base e em cobertura. Destaca-se ainda, que o emprego de adubos oriundos de fontes orgânicas, como o organomineral a base de esgoto em relação às fontes minerais nitrogenadas (uréia, sulfato de amônio e nitratos), corrobora para diminuir os custos de produção, pois se deixa de usar recursos não renováveis como derivados de petróleo na sua fabricação, além das melhorias das condições ambientais já que as fontes minerais inorgânicas são poluentes, relatos concordantes com Souza (2014).

Por outro lado, o tratamento com emprego do adubo organomineral associado a aplicação do rizóbio em cobertura apresentou menor produtividade de grãos – 1.582 kg ha⁻¹ (Figura 12), confirmando que a inoculação de células rizobianas no estágio V4 em complementação a adubação de base com organomineral é ineficiente em proporcionar

acréscimos de produtividade de feijão, como normalmente acontece na cultura do feijoeiro. Ainda assim pode-se considerar que as dosagens de organomineral associadas ou não a aplicação de rizóbios em cobertura se mostraram eficientes, analisando que a produtividade das lavouras no ano de 2019/2020 foi de 1101 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021).

Silva et al. (2018), avaliando a adubação nitrogenada e inoculação com *Rhizobium tropici* na cultura do feijoeiro comum observou que o tratamento com inoculante + N em semeadura se sobressaiu sobre os demais, com 3169,5 kg ha⁻¹, e a testemunha que recebeu apenas N em semeadura, apresentou uma produtividade de 2817,4 kg ha⁻¹, todavia, o tratamento que recebeu apenas inoculação da semente demonstrou uma produção de 1992,0 kg ha⁻¹, apresentando diferença significativa sobre os demais tratamentos. Assim, observa-se que ainda que a bactéria não seja capaz de suprir a quantidade total de N na planta, ela ainda se apresenta como uma opção para substituir a adubação nitrogenada de cobertura.

Costa et al. (2018), observou que para a produtividade de grãos, as doses de fertilizantes organomineral propiciaram um aumento significativo de acordo a elevação das doses apresentando significância de 5% ($p < 0,05$), se ajustando melhor ao modelo de regressão linear, em que as maiores produtividades foram obtidas na dose máxima de 1.000kg ha⁻¹ com produtividade de 3.648,96 kg ha⁻¹

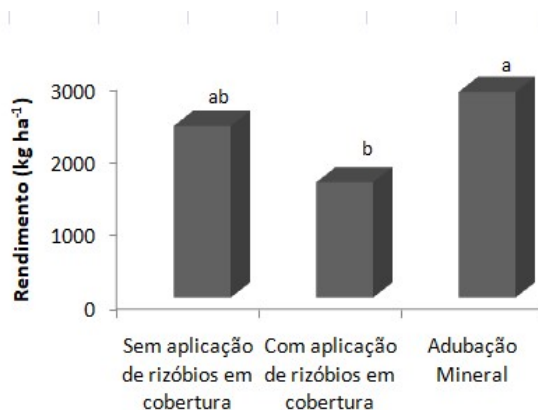


Figura 12. Rendimento de grãos (kg ha⁻¹) de feijão cv. BRS FC 104 em função da adubação com organomineral, com e sem a aplicação de rizóbios em cobertura e a adubação mineral. UEG/CET, Anápolis-GO, 2021.

Em geral, pode-se averiguar melhor resposta da cultura do feijão cv. BRS FC 104 ao emprego do adubo organomineral sem aplicação de rízóbio em cobertura, resultado equivalente a adição do adubo mineral nitrogenada usada como fonte de N, cujos resultados de rendimentos de grãos estão condizentes as informações verificadas para o desenvolvimento de plantas e a nutrição do feijoeiro, no tocante aos teores foliares de N, Ca e Mn.

5 CONCLUSÃO

- O emprego da adubação organomineral a base de lodo de esgoto promove melhoria da maioria das variáveis de crescimento, nutricionais e agronômicas, comparado a adubação mineral nitrogenada.
- A dose adequada de organomineral de lodo de esgoto a ser adicionada na base é de 100% da recomendação nutricional para a cultura. Dose superior a esta promove decréscimo de algumas variáveis de desenvolvimento, nutricionais e agronômicas do feijoeiro.
- A aplicação de rizóbio em cobertura, no estágio V4, não é eficiente em promover acréscimos no rendimento de grãos de feijão.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, E. S., RIBEIRO, M. M., VIANA, J. H., & Pontes, A. N. Panorama da disposição de resíduos sólidos urbanos e sua relação com os impactos socioambientais em estados da Amazônia brasileira. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 13, e20190263. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20190263>. Acesso em: 12 set. 2021.
- ALAMINO, R. C. J. **A Utilização de lodo de esgoto como alternativa sustentável na recuperação de solos degradados: Viabilidade, avaliação e biodisponibilidade de metais**. 2010. 221p. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- ALEM SOBRINHO, P. Tratamento de esgoto e geração de lodo. In: Tsutiya, M.T. **Biossólidos na agricultura**. 2001. São Paulo: SABESP. Cap.3, p.41-87. Cap.2, p.7-40.
- ALMEIDA, C.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Ureia em cobertura e via foliar em feijoeiro. **Scentia Agrícola**, v.57, n.2, p.293-298, abr/jun 2000.
- ALMEIDA JÚNIOR, J.J.; SMILJANIC, K. B. A., JUSTINO, P. R.V., SILVA, W. T. R.; CREMONESE, H. S. Utilização de Adubação Organomineral na Cultura da Soja. **Anais Colóquio Estadual e Pesquisa Multidisciplinar**. 2016.
- ALMEIDA, M. J.; SOUSA, C. M.; ROCHA, M. C.; JOSÉ, V. D. M. B. E.; POLIDORO, C. Reposição deficitária de água e adubação com organomineral no crescimento e produção de tomateiro industrial. **Irriga**, Botucatu, v.24, n.1, p.69-85, janeiro-março, 2019.
- ANDRADE, R. P.; JANEGITZ, M. C. Influência da adubação organo-mineral no desenvolvimento do feijão em solo de textura arenosa. **Colloquium Agrariae**, v.13, n. especial, Jul–Dez, 2017, p.93-99. 2017.
- ANDREOLI, C. V. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Projeto PROSAB e SANEPAR, Curitiba, PR, 1999. Disponível em: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-deprogramas/prosab/uso_manejo_lodo_agricultura.pdf. Acesso em: 20 mar. 2020.
- ANDREOLI, C. V. **Alternativas do uso de resíduos do saneamento**. ABES- Projeto Prosab, Rio de Janeiro, 2006.
- ANDREOLI, C. V.; LARA, A. I.; FERREIRA, A. C.; et al. **A gestão dos biossólidos gerados em estações de tratamento de esgoto doméstico**. Projeto PROSAB, Curitiba, PR, 2001. Disponível em: http://www.sanepar.com.br/sanepar/gecip/congressos_seminarios/lodo_de_esgoto/gestao_biossolidos_etes.pdf. Acesso em: 06 jul. 2020.
- ANDREOLI, C. V.; PEGORINI E. S. **Alternativas de Uso de Resíduos do Saneamento**. ABES-Projeto Prosab, Rio de Janeiro, 2006.
- ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, L. P.; FERRARI, S. **Aspectos gerais da cultura do feijão** (*Phaseolus vulgaris* L.). FEPAF, 2015. 433 p.

ASSENHEIMER, A. Benefícios do uso de biossólidos como substratos na produção de mudas de espécies florestais. **Ambiência**, v.5, p.321-330, 2009.

AZEVEDO, C. V. G.; RIBEIRO, T.; SILVA, D. A.; CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F. Adaptabilidade, estabilidade e resistência a patógenos em genótipos de feijoeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.50, n.10, p.912- 922, out. 2015.

BÁRBARO, I. M.; BRANCALIÃO, S. R.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. **Técnica alternativa: co-inoculação de soja com Azospirillum e Bradyrhizobium visando incremento de produtividade**. 2008. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/Coinoculacao/Index.htm. Acesso em: 05 set. 2021.

BARROS, I. T.; ANDREOLLI, C. V.; JÚNIOR, I. G.de S.; COSTA, A. C. S. Avaliação agrônômica de biossólidos tratados por diferentes métodos químicos para aplicação na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.6, p.600-638, 2011.

BENITES, V. de M.; CORREA, J. C.; MENEZES, J. F. S.; POLIDORO, J. C. Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. In: Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso. Reunião Brasileira De Biologia Do Solo, 8., 2010, Guarapari. **Fontes de nutrientes e produção agrícola: modelando o futuro: anais**. Viçosa: SBCS, 2010., 2013.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. A.; GALVÃO, J. A. H.; GHINI, R. Disposição de Lodo de Esgoto em Solo Agrícola. **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura**. 1.Ed. São Paulo: Embrapa, 2006, Cap.2, p.29

BOINA, W. L. D. O. **Análise das condições de desaguamento de lodos de ETEs em BAG's: o caso da ETE – Limoeiro – Presidente Prudente – SP**. 2012.117p. Dissertação (Mestrado em Engenharia urbana). Universidade Federal de São Carlos, 2012.

BORGES, B. M. M. N.; LUCAS, F. T.; MODESTO, V. C.; PRADO, R. M.; SILVA, E. S.; BRAOS, B. B. Métodos de determinação da matéria seca e dos teores de macronutrientes em folhas de alface. **Revista Trópica-Ciências Agrárias e Biológicas**, Jaboticabal, v.5, n.1, p.1216, 2011.

BRASIL. Conselho nacional do meio ambiente. Resolução n 375 de 29 de agosto de 2006. **Diário Oficial da União**, Poder executivo, Brasília, DF, 30 ago. 2006 a. Seção I

BRASIL. Conselho nacional do meio ambiente. Resolução n 380 de 31 de outubro de 2006. **Diário Oficial da União**, Poder executivo, Brasília, DF, 07 nov. 2006 b. Seção I

BRASIL. Decreto 86.955, de 18 de fevereiro de 1982. Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 de fevereiro de 1982, p. 17.

BRASIL. Decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Dispõe sobre a política nacional de resíduos sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 de dezembro de 2010, p.1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Instrução normativa nº 13, de 24/03/2011**. Brasília, DF, 2011. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/registro/registro_de_produtos. Acesso em: 11 ago. 2021.

BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.1, p.206-215, 2011.

CARDOSO, J. D.; HUNGRIA, M.; ANDRADE, D. S. Polyphasic approach for the characterization of rhizobial symbionts effective in fixing N₂ with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 93, n. 5, p. 2035-2049, 2012.

CARMO, C. A. F. S.; ARAÚJO, W. S.; BERNARDI, A. C. C.; SALDANHA, M.F.C. **Métodos de análise de tecidos vegetais**. Circular Técnica n.6, Embrapa - SOLOS, Dez. 2000.

CASTANHEIRA, T. D.; ALECRIM, de O. A.; BELUTTIVOLTOLINI, G. Organominerais: sustentabilidade e nutrição para o solo. **Revista Campo & Negócios Grãos**, Uberlândia, jun. 2015. Disponível em: <http://www.revistacampoenegocios.com.br/organominerais-sustentabilidade-e-nutricao-para-o-solo/>. Acesso em: 17 jun. 2021.

CASTRO, A. L. F. G. D; SILVA, O. R. D; SCALIZE, P. S. Cenário da disposição do lodo de esgoto: uma revisão das publicações ocorridas no Brasil de 2004 a 2014. **Multi-Science Journal** 2015, Urutaí, 2015. v.1, n.2, p.66-73

CERQUEIRA, P. L.W; AISSE, M. M. Custos de processamento de lodo em Estações de Tratamento de Esgoto com reatores anaeróbios de mento de lodo e pós-tratamento aeróbio: subsídios para Estudos de Concepção. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Curitiba, v.26, n.2, p.251-264.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira – grãos**: Décimo segundo levantamento, setembro 2019 – safra 2018/2019. Brasília: 2019. Disponível em: <http://www.conab.gov.br> . Acesso em: 28out. 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n.º 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 ago. 2006. Seção I, p. 141-146.

COSTA, A. N.; COSTA, A. F. S.; CAETANO, L. C. S. Aspectos Químicos e Físicos da Disposição do Lodo de Ete no Solo. **Manual de uso agrícola e disposição do lodo de esgoto para o estado do E. S.** Ed. Cesan/Incaper, 2011. Cap. 4, p.32-35.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L. A.; LIMA, C. G. da R. Produtividade do feijoeiro de inverno em palhada antecessora de Braquiárias adubadas com nitrogênio. **Revista Caatinga**. Mossoró, v.29, n.1, p.133-142, jan-mar., 2016.

COSTA, F. de K. D.; MENEZES, J. F. S.; ALMEIDA JÚNIOR, J. J.; SIMON, G. A.; MIRANDA, B. C.; LIMA, A. M. de; LIMA, M. S. de. Desempenho agrônomo da soja convencional cultivada com fertilizantes organomineral e mineral, **Nucleus**, v.15, n.2, p.301-309, out.2018

DIDONET, A. D.; COSTA, J. G. C. D. População de plantas e rendimento de grãos em feijoeiro comum de ciclo precoce. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34 p.105-109, 2004.

DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. Acompanhamento químico da vermicompostagem de lodo de esgoto doméstico. **Química Nova**, v.34, n.6, p.956-981, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422011000600008>. Acesso em: 18 set. 2020.

DORNAS, M. F.; BONO, J. A. M.; SUGUIMOTO, H. H.; PEDRINHO, D. R.; SAUER, A. V.; CORRÊA, B. O. Eficiência Nutricional e Produtividade de Milho pelo Uso de Biofertilizante Orgânico. **Uniciências**. v.24, n.1, p.14-19, 2020.

EMBRAPA – Arroz e Feijão. Cultivo do Feijoeiro Comum. **Sistemas de Produção**, v.2, Jan. 2003.

EMBRAPA – Arroz e Feijão. **Soluções tecnológicas**. Feijão – BRS FC104. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/5176/feijao---brs-fc104>. Acesso em 02 ago 2021.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**, 3.Ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Brasília, 2017, 229p.

EMBRAPA. **Uso agrícola do lodo de esgoto: aspectos legais**. 2006. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Pires_lodoID-0L1Y8Wo2Vx.pdf. Acesso em: 15 jun. 2020.

EMBRAPA. **Brasil é o quarto maior produtor de grãos e o maior produtor de carne bovina, diz estudo**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo>. Acesso em 20 dez. 2021.

FERNANDES, J. R. C.; RODRIGUES, P. **Importância da inoculação com bactérias *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* na produção de leguminosas e o uso do azoto**. 2014. Disponível em: <http://www.agronegocios.eu/noticias/importancia-da-inoculacao-com-bacterias-rhizobium-e-bradyrhizobium-na-producao-de-leguminosas-e-o-uso-do-azoto/>. Acesso em 21 dez. 2021.

FERNANDES, D. M., GROHSCOPF, M. A., GOMES, E. R., FERREIRA, N. R.; BULL, L. T. Fósforo na solução do solo em resposta à aplicação de fertilizantes fluidos mineral e organomineral. **Irriga**, v.1, n.1, p. 14-27, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2014.

FERREIRA, E. P. B.; MERCANTE, F. M.; HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; ARAÚJO, J. L. S.; FERNANDES JUNIOR, P. I.; ARAÚJO, A. P. Contribuição para melhoria da eficiência da fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro comum no Brasil. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, MG, v.8, p.251-291, 2013

FERREIRA, J. G.; SILVA, N. A.; VENTUROSOS, L. D. R. Uso do fertilizante organomineral (fertpeixe) para adubação do feijão. **Revista Saber Científico**, v.9, p.112-120, 2020.

FRANCO, M. C.; CASSINI, S. T. A.; OLIVEIRA, V. R.; VIEIRA, C.; TSAI, S. M. Nodulação em cultivares de feijão dos conjuntos gênicos andino e mesoamericano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.8, p.1145-1150, 2002.

GARCIA, G. de O.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C.; NAZÁRIO, A. A.; BRAGANÇA, H. N. Características químicas de um solo degradado após aplicações de lodo de esgoto doméstico. **Revista verde**, Mossoró, v.4, n.2, p.01-12, abr/ jun. 2009.

GARCÍA-DELGADO, M.; RODRÍGUEZ-CRUZ, M. S.; LORENZO, L. F.; ARIENZO, M.; SÁNCHEZ-MARTÍN, M. J. Seasonal and time variability of heavy metal content and of its chemical forms in sewage sludges from different wastewater treatment plants. **Science of the Total Environment**, v.382, n.1, p.82-92, 2007. Disponível em:<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.04.009>. Acesso em: 12 jul. 2021.

GIORDANO, S. R. Gestão ambiental no sistema agroindustrial. In: ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES, M. F. **Economia e gestão de negócios agroalimentares**: indústria de alimentos, indústria de insumos, produção agropecuária, distribuição. São Paulo, Ed. Pioneira, 2000, p.255- 281.

GODOY, L. C. de. A logística na destinação do lodo de esgoto. **Revista Científica On-line Tecnologia, Gestão, Humanismo**, v.2, n.1, 2013. Disponível em: <http://www.fatecguaratingueta.edu.br/revista/index.php/RCO-TGH/article/view/43/27>. Acesso em: 15 jun. 2021.

GRANGE L., HUNGRIA M. Genetic diversity of indigenous common bean (*Phaseolus vulgaris*) rhizobia in two Brazilian ecosystems. **Soil Biol Biochem**. 2004;36:1389-98.

GUESSER, V. P.; MISSIO, E.; RUSSINI, A.; PINHO, P. J. de. Adubação organomineral e mineral e resposta da soja em terras baixas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.1, p. 2376-2390, jan. 2021

HUNGRIA, M., STACEY, G. Molecular signals exchanged between host plants and rhizobia: basic aspects and potential application in agriculture. **Soil Biology and Biochemistry**. Oxford, v.29, n.5-6, p.819-830, 1997.

HUNGRIA, M.; CAMPO R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Circular técnica n.35, Londrina, 2001. 48 p.

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, 2007, 80p.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. **A fixação do nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e da soja**. Londrina, 2013. 22 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola** – LSPA. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/31672-pam-2020-valor-da-producao-agricola-nacional-cresce-30-4-e-chega-a-r-470-5-bilhoes-recorde-da-serie#:~:text=O%20Paran%C3%A1%2C%20mesmo%20com%20queda,2%2C4%20milh%C3%B5es%20de%20hectares>. Acesso em: 18 out. 2021.

JACOBI, P. R.; BENSON, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **SciELO**, vol.25 no.71 São Paulo Jan./Apr 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010340142011000100010&script=sci_arttext. Acesso em: 26 ago.2020

KASCHUK G.; HUNGRIA M.; ANDRADE D. S.; Campo R. J. Genetic diversity of rhizobia associated with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under no-tillage and conventional systems in Southern Brazil. **Appl Soil Ecol**. 2006. v.32, p.210-220.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ed. Agronômica, Ceres, 2008.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D.; RIBEIRO, C. M. FERRARO, L. A. Rendimento de soja, milho, feijão e arroz em sistema de plantio direto. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p.97-104, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000100016>. Acesso em: 12 set. 2020.

LACERDA, M. C.; NASCENTE, A. S.; PEREIRA, E. T. L. (2019). Adubação nitrogenada afeta a produtividade e a qualidade comercial de grãos do feijoeiro em sistema de plantio direto. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.42, p.71-80.

LEE, E. S. H., SANTOS, F. J. Caracterização do lodo proveniente de estação de tratamento de esgoto (ETE) e estudo sobre seu potencial energético. **II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, IBEAS**. Londrina, 2011.

LEMAINSKI, J.; SILVA, J. E. D. Utilização do Biossólido da Caesb na produção de milho no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.741-750, 2006

LOBO, T. F.; FILHO, H. G.; BULL, L. T; SOUZA, F. L. P. Effect of nitrogen and sewage sludge on bean plant nutrition. **Revista Verde**, Pombal - PB, v.10, n.2, p.33 - 41, abr-jun, 2015.

MAGALHÃES, C. A. de S. **Efeito do lodo de esgoto compostado na produtividade de culturas e na lixiviação de nitrato e thiamethoxam em Latossolos e Argissolo**. 2011. 97p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

MALAVOLTA, E., VITTI G. C., OLIVEIRA S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional**. 2ª ed. Piracicaba – SP. Editora Potafos, 1997. 319p.

MARCON, M. K. F. **Viabilidade econômica da utilização agrícola do biossólido da Unidade de Gerenciamento de Lodo (UGL) Ouro Verde**. 2014, 50p. Dissertação (Pósgraduação), UNIOESTE, Cascavel, 2014.

MARIANO, E. D. F. **Atributos químicos do solo, trocas gasosas e produção de fava (*phaseolus lunatus* L.) submetida à inoculação e a diferentes fontes de adubação**. 2019. 64p. Dissertação (Mestrado em Ciências agrárias) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 890 p.

MARTÍNEZ-ROMERO, E.; SEGOVIA, L.; MERCANTE, F. M.; FRANCO, A. A.; GRAHAM, P.; PARDO, M. A. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Reading, v. 41, n. 3, p. 417-426, July 1991.

MELÉM JÚNIOR, N. J.; BRITO, O. R.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; FONSECA, I. C. B.; AGUIAR, S. X. Nutrição mineral e produção de feijão em áreas manejadas com e sem queima de resíduos orgânicos e diferentes tipos de adubação. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.1, p.7-18, jan./mar. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n1p7>. Acesso em: 12 Set. 2021.

MELO, V. P.; BEUTLER, A. N.; SOUZA, Z. M.; CENTURION, J. F.; MELO, W. J. Atributos físicos de latossolos adubados durante cinco anos com biossólido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.1, p.67-72, 2004.

MORAES, E. R. **Aplicação de fertilizante organomineral de lodo de esgoto e bioestimulante na cana-de-açúcar**. 2017. 84p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2017.

MORAES, E. R. D.; SILVA, R. V. da; LIMA, B. V.de; MENEZES, F. G. de.; FERREIRA, M.; RESI, A. C. dos; PEIXOTO, J. V. M.; LANA, R. M .Q. Cana-de açúcar: Bioestimulantes e Organominerais de lodo de esgoto. **Colloquium Agrariae**, Morrinhos, v.13, p.90-101, Jan-Jun, 2017.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

MULAS, D.; GARCÍA-FRAILE, P.; CARRO, L.; RAMÍREZ-BAHENA, M. H.; CASQUERO, P.; VELÁZQUEZ, E.; GONZÁLEZ-ANDRÉS, F. Distribution and efficiency of *Rhizobium leguminosarum* strains nodulating *Phaseolus vulgaris* L. in Northern Spanish soils: Selection of native strains that replace conventional N fertilization. **Soil Biology and Biochemistry**, Florença, v.43, n.11, p.2283-2293, 2011

NAKAYAMA, F. T.; PINHEIRO, G. A. S.; ZERBINI, E. F. Eficiência do fertilizante organomineral na produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em sistema de semeadura direta. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v.9, n.7, p.122-138, 2013.

NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C.; OLIVEIRA, A. B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v.28, n.2, p.385-392, 2004.

OLIVEIRA, J. V. D. **Produção de fertilizantes organominerais no Brasil: Prospeção, Mercado e Cenários**. 2019. 154p. (Doutorado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019.

OLIVEIRA, L. Aplicação de fertilizante organomineral à base de torta de filtro na adubação de cobertura no feijoeiro. **X Simpósio de Ciências da Unesp: Produção e conservação de forragens**, Dracena, v.5, p.24-26, set. 2014.

OLIVEIRA, E. C.; SOUZA, J. R. P.; SEIFERT, A. L.; ALMEIDA, L. H. C.; DIAS, F. M. V. Fertilizante organomineral no desempenho agrônômico e produtividade do feijão aplicado no sulco de plantio. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC'2016**, Rafain Palace Hotel & Convention Center- Foz do Iguaçu -PR 29 de agosto a 1 de setembro de 2016.

OLIVEIRA, R. L. D.; MUNIZ, J. A.; ANDRADE, M. J. B. D.; REIS, R. L. D. Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v.33, n.1, p.113-119, jan./fev., 2009

PARENT, L. E.; KHIARI, L.; PELLERIN, A. The fertilization of potato: Increasing agronomic efficiency and decreasing environmental risk. **Acta Horticulturae**, v.627, p.35-41, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.627.3>. Acesso em: 18 set. 2020.

PEGORINI, E. S.; ANDREOLI, C. V. Usos Alternativos de Lodos de Estações de Tratamento de Água e Estações de Tratamento de Esgoto Introdução. In: ANDREOLI, C.V. (coord.). Alternativas de usos de resíduos do saneamento. 1.ed. Curitiba: **ABES**, 2006.

PELEGRI, R. de; MERNCANTE, F. M.; OTSUBO, I. M. N.; OTSUBO, A. A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 33, n. 1, p. 219-226, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n1/23.pdf> Acesso em:28 dez. 2021

PEREIRA, L. B.; ARF, O.; SANTOS, N. C. B.; OLIVEIRA, A. E. Z.; KOMURO, L. K. Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema de produção orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.45, n.1, p.29-38, 2015.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. Editora FEALQ, Piracicaba. 451p., 1990.

POGGIANI, F.; GUEDES, M. C.; BEN EDETTI, V. Aplicabilidade de biossólido em plantações florestais: I. Reflexo no ciclo dos nutrientes. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed). Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, p.163-178, 2006.

R CORE TEAM (2021). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 02 Ago. 2021.

RABELO, A. C. R.; RIBEIRO, D. F.; REZENDE, R. M.; ALCANTRA, E.; FREITAS, A. S. de. Adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v.15, n.1, p.825-841, 2017.

RAMOS JUNIOR, E. U.; LEMOS, L. B.; SILVA, T. R. B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.75-82, 2005.

RAPASSI, R. M. A.; SÁ, M. E.; TARSITANO, M. A. A.; CARVALHO, M. A. C.; PROENÇA, É. R.; NEVES, C. M. T. C.; COLOMBO, E. C. M. Análise econômica comparativa após um ano de cultivo do feijoeiro irrigado, no inverno, em sistemas de plantio convencional e direto, com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 27 62, p. 397-404, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590 / S0006-87052003000300006>. Acesso em: 20 set. 2020.

RODRIGUES, M. M. **Lodo de esgoto como matriz orgânica na formulação de fertilizante organomineral para a cultura da soja**. 2019. 71p. Dissertação (Mestrado em Ciências do solo) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

RODRIGUEZ, M. T. M. R; KAPUSTA, S. C. **Curso Técnico em Meio Ambiente: Gerenciamento de Resíduos Industriais**. 1 ed. Porto Alegre. E-Tec Brasil. 54p.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o doutor do seu feijoeiro. Editora Potafos: **Arquivo do agrônomo**, Piracicaba, v.7, p.1-4, dez. 1994. Disponível em: [http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/69CAB152E9EC329A83257AA0003BC0D4/\\$FILE/Seja_Feijoeiro.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/69CAB152E9EC329A83257AA0003BC0D4/$FILE/Seja_Feijoeiro.pdf). Acesso em: 17 ago.2021.

RUFINI, M.; **Eficiência da simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro comum em diferentes condições de pH**. 2010. 91p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia e Bioquímica do Solo) Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2010.

SALCEDO, I. H. Fertilidade do solo e agricultura de subsistência: Desafios para o semi-árido nordestino. **FERTBIO 2004**, Lages, 2004.

SAMPAIO, A. Afinal, queremos ou não viabilizar o uso agrícola do lodo produzido em estações de esgoto sanitário? Uma avaliação crítica da Resolução CONAMA 375. **Revista DAE**, n.193, p.16-27. 2013. Disponível em: <http://revistadae.com.br/artigos/>. Acesso em 20 jun 2021

SANEAGO, **Relatório: Disposição final do lodo da ETE Goiânia**. Goiânia, 2019. 17p.

SANEPAR - COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ: **Uso e Manejo do Lodo de esgoto na Agricultura**. Curitiba. Sanepar, 1999. 98p.

SANLI, A.; KARADOĞAN, T.; TONGUC, M. Effects of leonardite applications on yield and some quality parameters of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). **Turkish Journal of Field Crops**, v.18, n.1, 2013.

SANTANA, I. V. A. Estudo sobre viabilidade técnica da utilização do lodo de estações de tratamento de esgotos domésticos como insumo na engenharia civil. **Brasilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.3, p.9604-9609, Mar. 2019. Disponível em DOI: 10.34117/bjdv6n3-001. Acesso em 16 out. 2021.

SANTOS, P.E. de C.; SOUZA, P. I. de M. de.; CARMONA, R.; FAGIOLI, M.; SPEHAR, C. R.; BÔAS, H. D. da C. V. **Semente é tecnologia**. Especial Abrasem. 2014. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2014/04/Mat%C3%A9ria-Semente-%C3%A9-Tecnologia.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2021.

SCHWANKE, C. M.; SILVA, I. A. C. D., MORO, W. M. Lodo doméstico, uma alternativa sustentável para produção de energia. **Cibio: Congresso Internacional de Biomassa**, Curitiba-PR, Dez. 2020.

SILVA, C. C.; DEL PELOSO, M. J. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum na Região Central-brasileira 2005-2007. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2006. 139p.

SILVA, F. M.; BORSOI, A.; MONARI, B. A.; VUICIK, E.; MORREIRA, C.; ECCO, M. Adubação nitrogenada e inoculação com *Rhizobium tropici* na cultura do feijoeiro comum. **Revista Cultivando o Saber**. v.11, n.4, p.385-392, Out-Dez. 2018.

SILVA, L. G. **Torta de filtro e lodo de esgoto na composição de fertilizantes organominerais para a cultura da soja**. 2017. 73p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Biocombustíveis) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.59>. Acesso em: 23 ago. 2021.

SILVA, R. C. D.; LANA, R. M. Q. Fertilizantes organominerais alternativa para a adubação em cobertura no milho. **Campo e Negócios**. ed.178, p.36-38, 2018.

SOCCOL, V. T.; PAULINO, R. C.; CASTRO, E. A.; TRACZ, J. Eficácia dos diferentes processos de tratamento do lodo na redução da viabilidade de ovos de helmintos. **Sanare**, v.8, n.8, p.24-32, 1997.

SORATTO, R. P.; PEREZ, A. A. G.; FERNANDES, A. M. Idade do plantio direto e manejo do nitrogênio na nutrição e produtividade do feijoeiro. **Agronomy Journal**, Madison, v.106, p.809-820, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj13.0439>. Acesso em: 12 ago. 2020.

SOUSA, W. S. **Resposta morfológica e aspectos agronômicos do feijoeiro à reinoculação via cobertura**. 2020. 44p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Goiás, Ipameri, 2020.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.46, n.4, p.370-377, 2011.

SOUZA, R. T. X. **Fertilizante Organomineral para produção de cana-de-açúcar**. 2014. 87p. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal de Uberlândia. 2014. Uberlândia MG. 2014.

TEIXEIRA, I. R.; BORÉM, A.; SILVA, A. G. da; KIKUTI, H. Fontes e doses de zinco no feijoeiro cultivado em diferentes épocas de semeadura. **Acta Sci. Agron. Maringá**, v.30, n.2, p.255-259, 2008.

TRABALLI, R. C. **Composição de amostra representativa de solo fertilizado com lodo de esgoto**. 2021. 57 p. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu-SP. 2008. Disponível em: <https://blog.ifoep.com.br/tipos-de-fertilizantes-na-agricultura>. Acesso em: 23 jun. 2021.

TRIGUEIRO, R. D. M; GUERRINI, I. A. Uso de biossólido como substrato na produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, n.64, p.150-162, Dez. 2003.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. de. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.39, p.191-196, jul. 2009.

VIEIRA NETO, S. A.; PIRES, F. R.; MENEZES, C. C. E. de; MENEZES, J. F. S.; SILVA, A. G. da.; SILVA G. P.; ASSIS, R. L. de. Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.2, p.861-870, 2008.

VON SPERLING, M. **Lodo de esgoto: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Dep. Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H., ANDRADE, N. O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Fundação IAC, 1996. p.263-274 (IAC. Boletim Técnico, 100).

ZILLI, J. E.; MARSON, B. F.; GIANLUPPI, V.; CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Inoculação de Bradyrhizobium em soja por pulverização em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.4, p.541-544, abr.2008.

ZILLI, J. E.; RIBEIRO, K. G.; CAMPO, R. J. & HUNGRIA, M. Influence of fungicide seed treatment on soybean nodulation and grain yield. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 33:917- 923, 2009.

