

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
AGRONOMIA

**PRODUÇÃO DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.) ADUBADO COM
BIOCARVÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

WILSON PEREIRA GOMES FILHO

Montes Claros - MG

2022

Wilson Pereira Gomes Filho

**PRODUÇÃO DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum L.*) ADUBADO COM
BIOCARVÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Luiz Arnaldo Fernandes.

Montes Claros, MG

Instituto de Ciências Agrárias - UFMG

2022.

Wilson Pereira Gomes Filho. **PRODUÇÃO DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer
arietinum* L.) ADUBADO COM BIOCÁRVÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof. Luiz Arnaldo Fernandes - ICA/UFMG

Prof. Fernando Colen - ICA/UFMG

Prof. Cândido Alves da Costa - ICA/UFMG



Prof. Luiz Arnaldo Fernandes - Orientador ICA/UFMG

Montes Claros, 25 de Outubro de 2022.

A minha mãe, Maria de Lourdes Ferreira dos Santos (*in memoriam*), por todo amor, dedicação e sabedoria, que recebi. Suas lembranças me inspiram, e ao meu pai, Wilson Pereira Gomes, meu muito obrigado, e a Deus por me conceder essa realização.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Minas Gerais pela oportunidade e infraestrutura disponível para realização das pesquisas, durante toda essa trajetória acadêmica.

Ao Professor Orientador Dr. Luiz Arnaldo Fernandes, gratidão pela sábia colaboração e orientação durante todo o experimento, para que esse sonho se tornasse realidade, meu muito obrigado.

Agradeço aos professores do curso de Agronomia da UFMG que contribuíram para a minha formação, e aos demais professores dos outros cursos que tiveram também sua contribuição nessa jornada.

Aos amigos que levo dessa instituição para a vida e aos meus familiares que me apoiaram e sempre estiveram presentes

Aos integrantes da banca de defesa, os professores Cândido Alves da Costa, Fernando Colen e Luiz Arnaldo Fernandes, pelos seus ensinamentos e contribuições.

Meus agradecimentos a todos que, direta ou indiretamente, me ajudaram ao longo dessa trajetória.

Obrigado!

*“O Fraco jamais perdoa: o perdão
é uma das características do forte.”*

Mahatma Gandhi

PRODUÇÃO DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum L.*) ADUBADO COM BIOCARVÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum L.*) é a quinta leguminosa mais cultivada no mundo, possui alto valor nutricional e múltiplas possibilidades para a alimentação humana. A Índia é o maior produtor e consumidor, mas não é autossuficiente, torna-se necessário a importação, sendo assim surge a oportunidade para o mercado brasileiro exporta essa commodity. Os organominerais são fertilizantes produzidos de misturas de materiais minerais e orgânicos, pode ser obtido dos resíduos da atividade agropecuária ou agroindustrial. A incorporação dos resíduos orgânicos gerados pelas atividades agropecuárias em sua produção, apresenta-se como uma alternativa de adubação, e reutilização do bagaço de cana-de-açúcar na busca de novas tecnologias que diminuam os impactos ambientais. O objetivo do trabalho foi avaliar a utilização de um adubo organomineral, obtido a partir da biomassa da cana-de-açúcar no cultivo do grão-de-bico. O experimento foi realizado em vasos, em casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, Montes Claros – MG. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2x3 com 4 repetições, sendo os fatores: 2 - com calagem e sem calagem e 6 tratamentos-fosfato de potássio, organomineral e fosfato de potássio mais biocarvão. Não houve efeito da calagem na produção do grão-de-bico. Os maiores valores das variáveis relacionadas ao crescimento das plantas de grão-de-bico e de produção de matéria seca foram obtidos nos tratamentos com fertilizante organomineral produzido a partir de biocarvão de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: biochar; organomineral; pirólise; nutrição de plantas.

CHICKPEA PRODUCTION (*Cicer arietinum L.*) FERTILIZER WITH BIOCHAR FROM SUGARCANE

ABSTRACT

Chickpea (*Cicer arietinum L.*) is the fifth most cultivated legume in the world, it has high nutritional value and multiple possibilities for human consumption. India is the largest producer and consumer, but it is not self-sufficient, importing becomes necessary, so the opportunity arises for the Brazilian market to export this commodity. Organominerals are fertilizers produced from mixtures of mineral and organic materials, can be obtained from the residues of agricultural or agro-industrial activity. The incorporation of organic residues generated by agricultural activities in its production, presents itself as an alternative of fertilization, and reuse of sugarcane bagasse in the search for new technologies that reduce environmental impacts. The objective of this work was to evaluate the use of an organomineral fertilizer, obtained from the biomass of sugarcane in the cultivation of chickpeas. The experiment was carried out in pots, in a greenhouse at the Institute of Agricultural Sciences at UFMG, Montes Claros - MG. The experimental design used was completely randomized (DIC), in a 2x3 factorial scheme with 4 replications, the factors being: 2 - with and without liming and 6 treatments - potassium phosphate, organomineral and potassium phosphate plus biochar. There was no effect of liming on chickpea production. The highest values of variables related to chickpea plant growth and dry matter production were obtained in treatments with organomineral fertilizer produced from sugarcane biochar.

Keywords: biochar; organomineral; pyrolysis; plant nutrition.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 BIOMASSA	13
2.2 ORGANOMINERAL (Pellets)	14
2.3 BIOCÁRVÕES (Biochar)	15
2.4 PIRÓLISE	16
2.5 A CULTURA DO GRÃO-DE-BICO	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5. CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Produção do Organomineral-----	19
Figura 2. Organomineral Secagem-----	19
Figura 3. Aplicação dos tratamentos nos vasos-----	20
Figura 4. Produção de matéria seca de Grãos, Raízes-----	21
Figura 5. Floração, Frutos e Raízes-----	21

LISTA DE TABELAS \ GRÁFICOS

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do biochar utilizado-----	18
Tabela 2. Altura, número de folhas, de vagens e de grãos -----	23
Tabela 3. Matéria seca da parte aérea, de raiz e de grãos e comprimento de raízes-----	23
Gráfico 1. Crescimento e desenvolvimento das plantas -----	22
Gráfico 2. Crescimento e produção nos tratamentos sem calagem -----	25
Gráfico 3. Crescimento e produção, nos tratamentos com calagem -----	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BVE – Biochar Vegetal

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

CTC – Capacidade de Troca Catiônica

CPRA – Comprimento de Raiz

DIC – Delineamento inteiramente casualizado

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

GEE – Gases de efeito estufa

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MS – Matéria Seca

MSGR – Matéria Seca Grão

MSPA – Matéria Seca Parte Aérea

MSRA – Matéria Seca Raiz

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma cultura muito importante do ponto de vista de suas matérias-primas, levando-se em consideração todo o potencial e diversidade de materiais produzidos, como açúcar, energia, etanol, cachaça, rapadura, e seus subprodutos, como vinhaça, biomassa e palhada. Portanto, vale ressaltar que os subprodutos podem ser totalmente reutilizados. Por exemplo, tanto a vinhaça quanto o bagaço são fontes de nutrientes para plantas e também de energia (NOVOTNY *et al.*, 2015).

Os adubos organominerais são fertilizantes produzidos pela mistura de materiais minerais e orgânicos, que podem ser obtido a partir de vários resíduos da atividade agropecuária e até mesmo agroindustrial (JUNEK *et al.*, 2014), tal como o subproduto da cana-de-açúcar. Ao reaproveitar os resíduos do agronegócio aumenta-se o retorno econômico para o setor, diminuindo os custos com fertilizantes (CRUZ, 2019). A utilização do organomineral, produto que utiliza em sua produção qualquer quantidade de matéria-prima gerada nas atividades urbanas, industriais e agroindustriais, quando aplicado como fertilizante. Além de fonte de nutrientes, os adubos organominerais incorporam carbono ao solo, e possibilitam dar um novo destino ao bagaço da cana-de-açúcar (MARQUES *et al.*, 2022).

Dessa forma, faz-se necessário pesquisas de bases tecnológicas para o desenvolvimento e produção de novos insumos, com a finalidade de adubação e correção do solo. A utilização de fertilizantes feitos à base de matérias-primas disponíveis a partir de subprodutos do próprio agronegócio passa a ser então uma alternativa diferenciada em relação ao convencional. Essa alternativa contribui por uma solução ao problema da disponibilidade de mineral, já que exige da indústria uma alta demanda por rochas, aproveitando assim os resíduos produzidos, sejam eles de origem animal (estercos) ou vegetal, como é o caso do bagaço da cana-de-açúcar.

Existe hoje uma tendência e uma demanda para o aproveitamento dos resíduos gerados nas usinas de cana-de-açúcar, que será cada vez maior e, portanto, exerce uma pressão em busca de novas tecnologias que diminua os impactos ambientais causados por esse processo agroindustrial. O uso como matérias-primas na adubação de culturas pode resultar em vários benefícios, possibilitando melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (CASSOL *et al.*, 2012).

Durante o processo de produção do açúcar, o bagaço resultante tem várias aplicações, como a produção de etanol, que ocorre a partir do processo da hidrólise, que pode ser enzimática ou ainda ácida. Para utilizar a metodologia enzimática, pode-se proceder a quebra da celulose contida no bagaço a partir de enzimas e o processo de hidrólise ácida ocorre a partir do uso de ácidos (GARCÍA *et al.*, 2016).

Além disso, a biomassa vegetal (BVE) ou seja o bagaço, pode ser utilizado como substrato, devido a sua alta concentração de nutrientes, como por exemplo, em cultivos hidropônicos. Também é utilizado para a produção de papel e bioplásticos, visando melhor eficiência na degradação e incorporação ao meio ambiente (DIAS; ROWE, 2013).

A incorporação dos resíduos orgânicos gerados pelas atividades agropecuárias na produção de adubos organominerais, apresenta-se como uma alternativa a adubação convencional, contribuindo também para a reutilização desse bagaço. O Brasil tem uma grande dependência de importações de fertilizantes para a agricultura, e, portanto, fontes alternativas como os organominerais passam a ser uma alternativa.

Nesse trabalho, a hipótese é que o fertilizante organomineral produzido a partir de biocarvão de bagaço de cana-de açúcar incrementa a produção da cultura do Grão-de-bico, em função da melhoria nas propriedades do solo, além da incorporação de carbono.

O grão-de-bico (*Cicer arietinum L.*) é uma leguminosa recomendada para cultivo em regiões de clima seco e frio, contudo se adapta bem ao clima de regiões tropicais, como no Brasil (NASCIMENTO et.al; 2016), a variedade escolhida pertence ao grupo Kabuli, trata-se da BRS Aleppo, desenvolvida pela EMBRAPA. Nesse cenário surge a necessidade de estudos para melhor produção do grão, e buscar novas fontes de adubação e técnicas para melhor maneira de fornecer esse organomineral.

Nesse contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar a utilização de um adubo organomineral, obtido a partir da biomassa da cana-de-açúcar no cultivo do grão-de-bico.

2. REFERENCIAL TÉORICO

2.1 BIOMASSA

A biomassa vegetal (BVE) é um material que advém de fontes renováveis e que pode ser usada como fonte de energia alternativa. Sua obtenção ocorre a partir de resíduos das colheitas agrícolas (palhada), podas em plantas e até mesmo, resíduos provenientes do processo industrial da cana-de-açúcar (bagaço) para gerar etanol e açúcar (YAMAN, 2004). Vale ressaltar que a degradação desses resíduos *in natura* na natureza liberam gases de efeito estufa (GEE), como por exemplo, CO₂.

A produção de açúcar a partir da cana-de-açúcar gera em seu processo industrial um volume elevado de biomassa (bagaço), que em sua grande maioria é utilizada para a produção de energia térmica, processo esse que ocorre com a própria queima nas usinas. Dessa forma, pode ser utilizada como combustível para alimentar as suas caldeiras (OLIVEIRA, 2012).

A maior desvantagem do descarte da biomassa vegetal da agroindústria está relacionada ao descarte desses resíduos. Geralmente são expostos sob o solo, o que resulta com o passar do

tempo em degradação rápida, ocasionando assim uma elevação na liberação de gases (THAKKAR *et al.*, 2016) como CO₂-dióxido de carbono; CH₄-metano e N₂O-óxido nitroso.

Uma utilização viável para a mitigação desses impactos ambientais é a produção de biocarvões, já que o mesmo possui elevado teor de carbono fixo, considerado estável. A modificação do material vegetal em biocarvão proporciona uma lenta decomposição desde no solo em comparação ao material não transformado (MARQUES *et al.*, 2022).

2.2 ORGANOMINERAL

No Brasil, há uma grande produção de cana-de-açúcar. A safra de 2020-2021 registrou 654,5 milhões de toneladas (Conab 2021). Vale observar então que a cada tonelada de cana-de-açúcar colhida, haverá uma geração de 140 kg de palha e 250 quilos de bagaço (biomassa) abrindo assim um vasto caminho para estudos de possíveis aplicações desses resíduos vegetais, entre eles a utilização como bicomcombustível e biocarvão.

Em geral, esse resíduo é utilizado para a produção de energia térmica. Porém, o excedente do resíduo da palha de cana-de-açúcar e da biomassa, gera um campo de estudo de alternativas para mitigar o impacto ambiental, onde entra a utilização da biomassa para a transformação em organomineral.

Ao levar em consideração as exigências nutricionais demandadas nos ciclos de estabelecimento e desenvolvimento da planta, os adubos organominerais têm um papel importante em evitar perdas de nutrientes. Sendo assim, uma das vantagens em usar os organominerais está relacionada com sua liberação lenta, que quando em contato com o solo e ao sofrer os processos de biodegradação, ocorre a liberação lenta e contínua dos nutrientes. Reduz assim perdas e mantém continuamente a planta nutrida durante seu ciclo (TEIXEIRA, 2014).

Organomineral é um produto que em seu processo de produção foi utilizado matéria-prima gerada nas atividades urbanas, industriais e agroindustriais. A granulação ou a peletização dos adubos organominerais podem contribuir para a liberação dos nutrientes de forma gradual ao solo e para melhorar a aplicação mecanizada.

Pellet, é a compactação de uma matéria prima, dando o formato de cilindro a mesma, com diâmetros específicos, entre 2mm e 8mm de diâmetro e entre 3mm e 40mm de comprimento vai depender de que modo será utilizado.

Os pellets podem ser produzidos a parti de resíduos, de origem vegetal (BVE) ou animal; no caso a biomassa da cana-de-açúcar, originada da indústria canavieira (vegetal). Possuem baixo valor agregado, ao transformar este "resíduo" em organomineral, será agregado valor ao produto em forma de pellet. Pode-se assim reduzir os resíduos do beneficiamento, bagaço e

palha da cana de açúcar (gerado durante o processo de fabricação do etanol e açúcar), casca de café, de arroz, e de amendoim, também podem ser e transformadas em pellets, e assim agregar valor ao produto, além de ter uma alternativa a adubação convencional.

Nos solos brasileiros, o fósforo tem sido tratado como um elemento mineral limitante na adubação, devido a sua elevada interação com o solo (RAIJ, 2011). Os elementos Nitrogênio (N), Potássio (K) e Fósforo (P) possuem funções importantes para o desenvolvimento da agricultura de modo geral, porém o Fósforo (P) desempenha função primordial para a formação inicial ao desenvolvimento das raízes da cultura, facilitando assim a maior absorção e utilização dos outros nutrientes (ROSSETO *et al.*, 2010).

2.3 BIOCARVÕES

As primeiras citações em relação ao biocarvão ou biochar remete-se à descoberta da “Terra Preta de Índio”, estudados a partir de amostras de solo da Amazônia. Observou-se que tal solo tinha impacto positivo na produtividade e que a cor preta do solo é oriunda da biomassa carbonizada e restos de fosséis incorporados ao solo, o que confere maior fertilidade (KERN *et al.*, 2009).

O biochar trata-se de um produto riquíssimo em carbono, produzido a partir do aquecimento de uma biomassa em um sistema fechado, com restrição de oxigênio (pirólise). Entre suas principais aplicações destaca-se a melhoria das propriedades dos solos, como o aumento da infiltração e retenção de água, remoção de contaminantes (BUSS *et al.*, 2016), correção da acidez, aumento da capacidade de troca de cátions e da disponibilidade de nutrientes. Cia-se ainda como características mais relevantes a sua lenta decomposição no solo, aferindo assim uma excelente condição de fixador de carbono (ZHAO *et al.*, 2014).

O processo de conversões termoquímicas é dividido em gaseificação, pirolise e combustão. Os requisitos que é aplicada a pirolise interferem diretamente no resultado do produto. Sendo assim, para a obtenção do biochar, condições como temperatura e tempo podem variar.

2.4 PIRÓLISE

Pode-se definir a pirólise como sendo um processo de degradação térmica que ocorre a partir de uma biomassa, com limitação de oxigênio (JOHANNES; JOSEPH, 2011). Observa-se que biomassas com maiores teores de celulose e lignina são as mais promissoras para a produção de biochar, utilizando-se a técnica de pirólise (JOHANNES; JOSEPH, 2011).

A pirólise pode ser classificada em três tipos: lenta, rápida e flash. O tipo lenta é realizada a partir de uma temperatura de 200°C, em que ocorrerá a liberação de vapor de água

e gases, e haverá reações exotérmicas de oxidação além da mudança de cor do material utilizado (ALMEIDA, 2008).

No processo de pirólise rápida, utiliza-se temperaturas elevadas para o aquecimento e transferência de calor. O controle da temperatura na reação fica em torno de 500°C, ocorre baixo tempo de resistência dos vapores abaixo de dois segundos e rápido resfriamento desses vapores (FRENCH; CZERNIK, 2010).

Por fim, o método chamado de pirólise flash, que consiste em processo simples de obtenção de óleo, gás e carvão a partir dos resíduos, com um menor investimento e menos complexa, o que reduz o custo de produção. A rapidez no aquecimento é ainda maior e mais elevada, o que alcança temperaturas maiores que 1000°C (VIEIRA *et al.*, 2014).

2.5 A CULTURA DO GRÃO-DE-BICO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum L.*) é uma leguminosa com alto valor nutricional consumido por pessoas no mundo inteiro. Tem como centro de origem a Turquia e Síria (NASCIMENTO *et al.*; 2016). É uma leguminosa recomendada para cultivo em regiões de clima seco e frio, contudo se adapta bem ao clima de regiões tropicais, como no Brasil.

O cultivo e o consumo do grão-de-bico no Brasil ainda são pouco demandados. Essa hortaliça ainda tem uma pequena produção, o que leva a necessidade de importar o grão de outros países, como México e Argentina (ARTIAGA *et al.*, 2015; NASCIMENTO *et al.*, 2014). Atualmente, o maior produtor e consumidor do grão-de-bico é a Índia, porém vale ressaltar que ainda não é autossuficiente, o que se torna necessário a importação (ICRISAT, 2019).

Nesse cenário, o grão-de-bico é a quinta leguminosa mais cultivada no mundo, justificada pelas múltiplas possibilidades de uso para a alimentação humana. Consome-se em conserva, na forma de grão seco, reidratado e ainda consumido verde na salada.

O grão-de-bico é uma leguminosa rústica, o seu cultivo assim fica possível de ocorrer em regiões com baixos índices de precipitação pluviométrica, podendo ser cultivada em áreas semiáridas, de baixa precipitação pluviométrica. Em relação ao cultivo, o grão-de-bico tem baixo custo de produção, por diversos fatores, como por exemplo, baixo risco a ataques de doenças e pragas se comparada com outras leguminosas, como a soja e feijão. Isso tem chamado a atenção de mais produtores para cultivarem o grão-de-bico, visando então uma melhor condução da cultura.

Em relação à cultura do grão-de-bico, a Embrapa hortaliças cita quatro cultivares principais plantadas no Brasil, IAC Marrocos, do grupo kabuli, cultivar Leopoldina, BRS Aleppo, BRS Cristalino, sendo a cultivar do grupo kabuli a mais adaptada ao clima do Brasil e tem como características grãos maiores e mais claros e tem exigência do mercado interno. Já a

variedade Desi, consumida por países da Ásia possui características diferentes com grão menores e de diferentes colorações, como no mercado indiano, que 85% do consumo é dessa variedade (EMBRAPA, 2016).

As cultivares do grupo Kabuli são as mais cultivadas por serem altamente produtivas e possuem boa tolerância às doenças do solo, ao clima e são bem adaptadas à colheita mecânica (EMBRAPA, 2016). A produtividade ainda não é autossuficiente, fazendo com o Brasil importe parte dos grãos consumidos. Estima-se que produtividade de 800 kg/ha em regime de sequeiro e 2176 kg/ha no cultivo irrigado (FAOSTAT, 2018). O consumo médio anual no Brasil gira em torno de 8 mil t/ano (CONAB, 2019).

Um fato a ser observado em relação a essa leguminosa está relacionado com o custo de produção ser bem menor, em torno de 40% quando comparada com outras leguminosas, como feijão e soja (EMBRAPA, 2019). Tudo isso alinhado às pesquisas de campo da Embrapa hortaliças, vem aumentando a produtividade, estimulado o interesse do produtor em relação aos custos.

O grão-de-bico BRS Aleppo do grupo Kabuli (utilizado no experimento) tem como característica um porte herbáceo de aproximadamente 66 cm de altura, 3 a 4 ramificações por planta, suas sementes apresentam cor creme claro tem um formato angular, ligeiramente enrugada possui diâmetro de 8 a 9,5 mm, e ciclo de 90 a 120 dias (EMBRAPA, 2016). É difundido em diversos estado brasileiro, DF, GO, MT, MG e BA, que são juntos os maiores produtores do grão no Brasil.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado, em vasos, em casa de vegetação, do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, município de Montes Claros – MG. De acordo com a classificação climática Köppen, o clima da região de Montes Claros é do tipo Aw, com inverno seco (ALVAREZ *et al.*, 2013). O semeio foi realizado em março de 2022 e a colheita em junho de 2022.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2x3 com 4 repetições, sendo os fatores: 2 - com calagem e sem calagem e 6 tratamentos-fosfato de potássio, organomineral peletizado e fosfato de potássio mais biocarvão. Os pellets de organomineral foram produzidos a partir de biocarvão do bagaço de cana-de-açúcar, fosfato de potássio e fécula de mandioca.

Cada unidade experimental foi constituída por um vaso de 3 dm³ de capacidade preenchidos com um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, sob vegetação de Cerrado e os respectivos tratamentos. Os atributos químicos e físicos do solo foram determinados conforme

a metodologia descrita por Teixeira *et al.* (2017): pH= 4,7; MO= 25,1 g kg⁻¹; P= 4,63 mg dm³ K= 0,051 cmolc dm⁻³; Ca=0,2cmolc dm⁻³; Mg= 0,1 cmolc dm⁻³; (H+Al) = 4,54 cmolc dm⁻³; SB= 0,35cmolc dm⁻³; CTC= 4,89 cmolc dm⁻³; V= 7,15%; areia = 780 g kg⁻¹; silte = 100 g kg⁻¹; argila = 120 g kg⁻¹.

O biocarvão foi produzido a partir de bagaço de cana-de-açúcar, após a extração do caldo. Fragmentos de aproximadamente 3 cm de bagaço foram secos por 48 h em estufa de circulação forçada de ar a 60°C. Em seguida foram acondicionados em uma caixa de aço e colocados no interior de uma mufla industrial para a carbonização. A temperatura foi elevada a uma taxa de aproximadamente 5°C/min até 450°C, com tempo de residência de 30 min, seguido de resfriamento em água a 20°C. O biocarvão triturado manualmente e passado em uma peneira com abertura de 2mm de malha para a caracterização química e física (Tabela 1) e para a produção do adubo organomineral.

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do biocarvão utilizados no experimento.

	pH	H	O	COT	NT	P	Ca	Mg	S	
	H ₂ O	-----%-----					-----g/kg-----			
Média	6,1	2,46	22,6	56,7	0,5	8	13,8	12,4	2,6	
IC	0,15	0,18	1,18	2,01	0,04	0,61	0,61	1,19	0,64	
	Cu	Zn	Fe	Mn	Si	Ni	Pb	Cd	Ds	Cinza
	-----mg/kg-----								g/cm ³	%
Média	51,5	270	1,43	56,9	798,6	5,2	3,03	4,5	0,45	10
IC	3,8	18,1	0,37	6,16	19,6	0,53	0,45	0,53	0,03	1,02

IC: Intervalo de confiança; n=3.

Modificado de Mendes Junior (2022).

Para a produção o adubo organomineral utilizou-se a seguinte proporção, definida em por meio de pré-ensaios: 40/40/20, sendo, 40 gramas de biocarvão de bagaço de cana-de-açúcar, 40 gramas de fosfato de potássio, 20 gramas de fécula de mandioca e 50 mL de água destilada (Figura 1). Todos os componentes da mistura foram triturados manualmente num almofariz para a uniformização do tamanho das partículas e em seguida a mistura foi umedecida até formar uma pasta para a formação a confecção dos pellets.

A mistura úmida foi adicionada em uma forma de polietileno com orifícios de 4 mm de diâmetro para a confecção dos pellets (Figura 2). Após secagem a temperatura ambiente, os pellets foram removidos da forma e colocados em um recipiente de vidro para secagem em estufa a 65°C até a massa constante.

Figura 1. Produção do organomineral



Fonte: do autor, 2022.

Figura 2. Secagem do organomineral em bandejas de polietileno e embalagem em sacos plásticos.



Fonte: do autor, 2022

Para o experimento em casa-de-vegetação o solo foi passado em peneira de quatro milímetros de malha e acondicionados em vasos de 3 dm³ com os respectivos tratamentos. Nos tratamentos com calagem a dose de corretivo da acidez aplicada (1,5 g por vaso de 3 litros de solo) foi estimada para a elevar a saturação por bases do solo para 70%. Em seguida foram aplicados os tratamentos de adubação. A quantidade de fósforo e potássio adicionadas via fosfato de potássio e via adubo organomineral foram de 200 mg/dm³ e 251,61 mg/dm³,

respectivamente. Após a homogeneização dos tratamentos, o solo foi retornado para os vasos, que foram dispostos de forma aleatória na bancada (Figura 3).

Figura 3. Aplicação dos tratamentos nos vasos.



Fonte: do autor, 2022.

O solo de cada vaso com os respectivos tratamentos forma irrigado com água deionizada, suficiente para atingir a capacidade de campo. Em seguida forma semeadas cinco sementes de grão de bico (*Cicer arietinum L.*) variedade BRS Aleppo, por vaso. Após a emergência foi realizado um desbaste deixando apenas uma planta por vaso.

Durante o período experimental a umidade do solo foi mantida próxima a capacidade, por meio de irrigações diárias. Quando necessário, foi realizado os tratos culturais recomendados para controles de pragas, doenças.

A colheita dos grãos foi realizada após 110 dias do plantio (junho de 2022), foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de planta (AP), número de folhas (NF) número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por planta (NGP). As plantas foram colhidas, separadas em raízes, caule e folhas e grãos (Figura 4 e Figura 5) e secas em estufa a 60°C para a determinada a produção de matéria seca.

Figura 4. Produção de grãos e raízes de grão-de-bico.



Fonte: do autor, 2022.

Figura 5. Altura de plantas, floração e raízes de grão-de-bico.



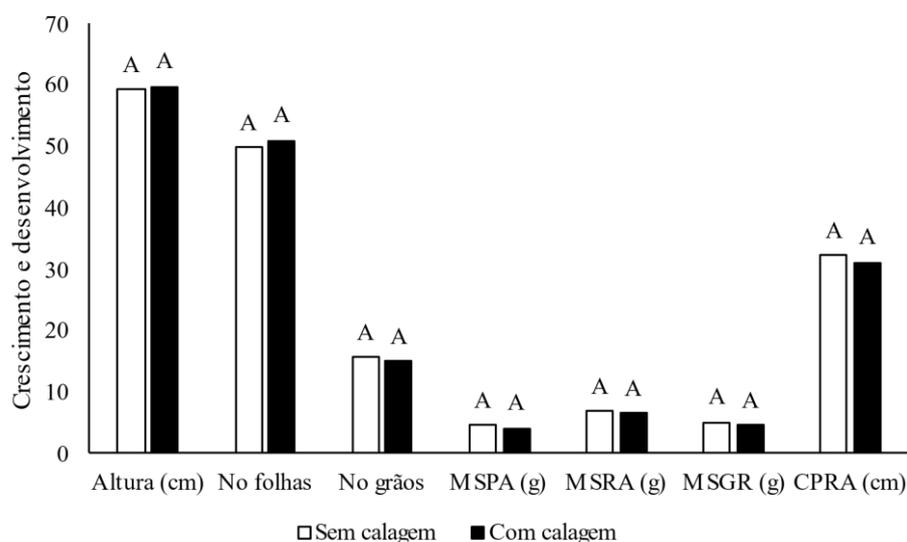
Fonte: do autor, 2022

Os dados foram submetidos a análise de variância. Para as variáveis número de folhas, de vagens e de grãos, os dados foram transformados em raiz quadrada de $x + 0,5$. Quando significativo, as médias dos tratamentos sem e com calagem foram comparadas pelo teste de F ($P < 0,05$) e a dos adubos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$), foi utilizado o software R (Estatística) para obtenção dos dados e interpretação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que não houve efeito da calagem para as variáveis estudadas (**Gráfico 1**). Esses resultados indicam que as plantas de grão-de-bico de bico são relativamente tolerantes a acidez do solo. Por outro lado, Nascimento *et al.* (1998), recomendam para as condições do estado de São Paulo, valores de saturação por bases de 50% para solos arenosos e de 70% para solos argilosos. No presente estudo, a saturação por bases dos tratamentos sem calagem era de 7,15%, enquanto dos tratamentos com calagem foram de 70%.

Gráfico 1. Crescimento e desenvolvimento das plantas de grão-de-bico nos tratamentos sem e com calagem, independentemente das adubações.



Letras maiúsculas comparam os tratamentos sem e com calagem. Barras seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de F ($p < 0,05$).

Fonte: do autor, 2022

Em relação aos tratamentos com adubação (fosfato de potássio, fosfato de potássio com biocarvão e organomineral) verificou-se diferenças significativas para as variáveis número de folhas e número de grãos, nos tratamentos sem e com calagem, sendo os maiores valores obtidos

como aplicação do organomineral (Tabela 2). Não houve diferenças das adubações para a variável altura de planta, independentemente da calagem (Tabela 2).

Tabela 2. Altura, número de folhas, de vagens e de grãos de plantas de grãos-de-bico em função da aplicação de calagem, fosfato de potássio, fosfato de potássio com biocarbão e organomineral.

Tratamentos		Altura ---- cm ---	Nº folhas	Nº grãos
Sem calagem	Fosf. Pot.	57,10 a*	47,25 b	14,25 b
	Organomineral	61,10 a	55,50 a	17,50 a
	Fosf. Pot. + bioc.	59,38 a	47,00 b	15,50 b
	Média	59,19 A**	49,92 A	15,75 A
Com calagem	Fosf. Pot.	59,85 a	46,50 b	13,75 b
	Organomineral	58,80 a	52,75 a	16,50 a
	Fosf. Pot. + bioc.	60,53 a	53,75 a	14,75 b
	Média	59,73 A	51,00 A	15,00 A

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05). **Médias seguida pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de F (P<0,05).

Fonte: do autor, 2022

Para as variáveis, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSRA), massa seca de grão (MSGR) e CPRA houve diferenças significativas entre as adubações, sendo os maiores valores nos tratamentos com organomineral (Tabela 3). Para a variável MSPA não houve diferença entre as adubações independentemente da calagem (Tabela 3).

Tabela 3. Matéria seca da parte aérea, de raiz e de grãos e comprimento de raízes de plantas de grãos-de-bico em função da aplicação de calagem, fosfato de potássio, fosfato de potássio com biocarbão e organomineral.

Tratamentos		MSPA	MSRA	MSGR	CPRA
		----- g/planta -----			---- cm ----
Sem calagem	Fosf. Pot.	4,29 b*	6,31 b	4,38 c	29,68 b
	Organomineral	4,92 a	7,63 a	5,88 a	36,45 a
	Fosf. Pot. + bioc.	4,49 a	6,55 b	4,89 b	30,38 b
	Média	4,57 A**	6,83 A	5,05 A	32,17 A
Com calagem	Fosf. Pot.	4,05 a	5,79 c	3,95 c	28,63 b
	Organomineral	4,12 a	7,57 a	5,28 a	34,85 a
	Fosf. Pot. + bioc.	4,28 a	6,33 b	4,60 b	29,78 b
	Média	4,15 A	6,56 A	4,61 A	31,08 A

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05). **Médias seguida pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de F (P<0,05).

Fonte: do autor, 2022

Os maiores valores das variáveis estudadas foram obtidos nos tratamentos com biocarvão ou com adubo organomineral produzido a partir de biocarvão. As quantidades de nutrientes no biocarvão de bagaço de cana-de-açúcar são relativamente baixas (Tabela 1). No entanto, os biocarvão são comprovadamente excelentes condicionadores das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

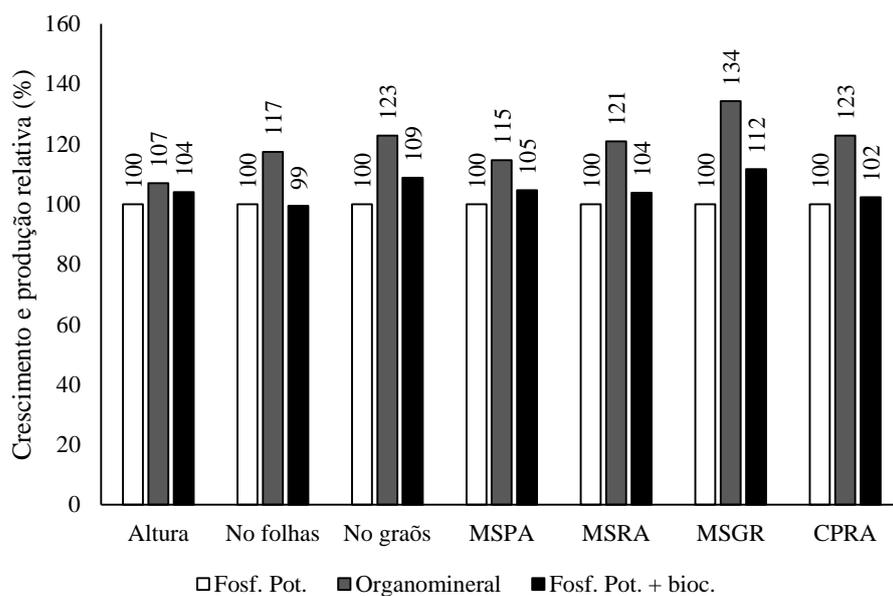
Nesse sentido, o uso biocarvão de bagaço de cana-de-açúcar se justifica primeiramente pela possibilidade de reciclagem de grandes quantidades de resíduos orgânicos (ABDELHAFEZ; LI; ABBAS, 2014), diminuindo os riscos de poluição associados a disposição desses resíduos no ambiente (AHMAD *et al.*, 2014). Em segundo lugar, diferentemente da incorporação ao solo de resíduos orgânicos *in natura*, o biocarvão eleva o armazenamento de carbono no solo, já que esse material apresenta alta concentração de carbono estável, de degradação lenta (NOVOTNY, 2012), reduzindo assim as emissões de gases de efeito estufa (GWENZI *et al.*, 2016).

No presente estudo, as doses de fósforo e potássio aplicadas via fosfato de potássio atenderiam as demandas das plantas de grão-de-bico. Dessa forma, o que justifica os maiores valores das variáveis nos tratamentos com biocarvão é a melhoria nas propriedades do solo e os efeitos do biocarvão no crescimento das plantas. Em relação ao organomineral, a maior produção das plantas pode ser atribuída a uma liberação mais lenta dos nutrientes, devido a menor superfície de contato das partículas de biocarvão com o solo e a uma possível complexação dos nutrientes devido ao maior contato dos nutrientes com a matriz orgânica do biocarvão.

Nos Gráficos 2 e 3 são comparados o crescimento e a produção relativas nos tratamentos sem e com calagem respectivamente, considerando como 100% os valores obtidos nos tratamentos com fosfato de potássio. Verifica-se, nos tratamentos sem e com calagem que o incremento relativo de raízes foi maior nos tratamentos com adubo organomineral. Na ausência de calagem o incremento relativo foi de 21%, enquanto no tratamento com calagem foi de 31%.

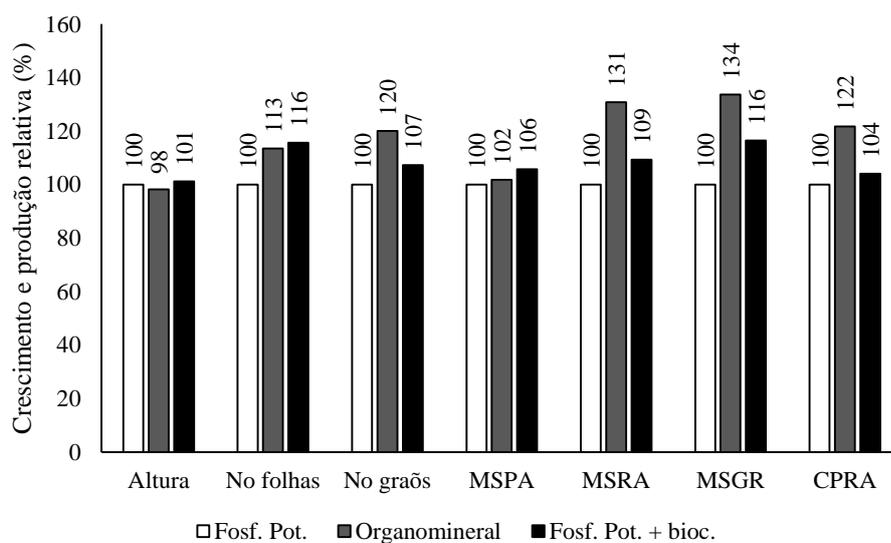
Esses resultados corroboram os obtidos por Silva *et al.*, (2017) e Zelaya *et al.*, (2019), que verificaram que os biocarvões favoreceram o maior crescimento de raízes finas de plantas de feijoeiro e de beterraba, respectivamente, o que favoreceu a maior produção das plantas nos tratamentos com biocarvões, corroborando com os resultados do presente estudo.

Gráfico 2. Crescimento e produção relativos, nos tratamentos sem calagem, considerando o tratamento com fosfato como 100%.



Fonte: do autor, 2022

Gráfico 3. Crescimento e produção relativos, nos tratamentos com calagem, considerando o tratamento com fosfato como 100%.



Fonte: do autor, 2022

5. CONCLUSÃO

Não houve efeito da calagem na produção do grão-de-bico. As maiores produções foram obtidas nos tratamentos com biocarvão, principalmente com a aplicação de fertilizante organomineral. Dessa forma, os dados demonstram que o organomineral sem calagem foi um fator que contribuiu principalmente para a produção de raiz e de grãos, de modo que, para o crescimento vegetativo da parte aérea não houve incremento em relação às demais aplicações.

REFÊRENCIAS

- ABDELHAFEZ, A. A.; LI, J.; ABBAS, M. H. H. **Feasibility of biochar manufactured from organic wastes on the stabilization of heavy metals in a metal smelter contaminated soil.** Chemosphere, v.117, p.66-71, 2014.
- AHMAD, M.; RAJAPAKSHA, A.U.; LIM, J.E.; ZHANG, M.; BOLAN, N.; MOHAN, D.; VITHANAGE, M.; LEE, S.S.; OK, Y.S. **Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: a review.** Chemosphere 99: p.19-33. 2014.
- ALMEIDA, M. B. B. **Bio-óleo a partir da pirólise rápida, térmica ou catalítica, da palha da cana-de-açúcar e seu co-processamento com gás-óleo em craqueamento catalítico.** 2008. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- ALVARES C.A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, J. L.G.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil.** Meteorologische Zeitschrift, v.22, n.6, p.711–728, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>>. Acesso em: 05/09/2020.
- BUSS, W.; GRAHAM, M. C.; SHEPHERD, J. G.; MAŠEK, O. **Suitability of marginal biomass-derived biochars for soil amendment.** Science of the Total Environment, v. 547, p. 314–322, 2016.
- CASSOL, P.C.; COSTA, A.C. da; CIPRANDI, O.; PANDOLFO, C.M.; ERNANI, P.R. **Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em Latossolo fertilizado com dejetos suíno.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, p.1911-1923, 2012.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Produção da safra atual de cana-de-açúcar.** Agência Brasil, 2022. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar> >. Acesso em 24 set. 2022.
- CRUZ, N. F. F. S. **Produtividade de grãos e acúmulo de nutrientes em solo adubado com dejetos animais durante nove safras.** 2019. 55 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.
- DIAS, B. P.; ROWE, R. V. A. **Bagaço de cana de açúcar: matéria prima para fabricação de materiais biodegradáveis.** Bioenergia em revista: diálogos, n. 1, p. 73-87, 2013.
- DUMONT, P. S. **Grão de bico: preço estável e boa produtividade tornam leguminosa nova aposta em Minas.** Hoje em dia, 2019. Disponível em: <<https://www.hojeemdia.com.br/plural/gr%C3%A3o-de-bico-pre%C3%A7o-est%C3%A1vel-e-boa-produtividade-tornam-leguminosa-nova-aposta-em-minas-1.692253>>. Acesso em 18/11/2021.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Food and agriculture data.** In: FAOSTAT. Rome, Italy, 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/2gz1a6s>>. Acesso em: 18/11/2021.
- FRENCH, R.; CZERNIK, S. **Catalytic pyrolysis of biomass for biofuels production.** Fuel Processing Technology, v. 91, n. 1, p. 25-32, 2010.

GARCÍA, A.; GANDINI A.; LABIDI J.; BELGACEM N.; BRASS J.; **Industrial and crop wastes: A new source for nanocellulose biorefinery**. *Industrial Crops and Products*, San Sebastián, v. 93, p. 26-38, 2016.

ICRISAT. International Crops Research Institute For The Semi-Arid Tropics. **Riding High on Chickpea's Growth**. Disponível em: <<https://bit.ly/2XgZ7WC>>. Acesso em: 18/11/2021.

JOHANNES, S. L.; JOSEPH. **Biochar for Environmental Management Science and Technology**. 2o ed., New York: Routledge, 2011.

JUNEK, J. O. M. DE O.; LARA, T. S.; PAIVA, M. J. DO A.; MARTINS, D. B.; MORAIS, C. G. DE. **Fertilizantes Organominerais**. Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas (ISAH) Circular técnica 06, Araxá, MG, 2014.

KERN, D. C.; KÄMPF, N.; WOODS, W. I.; DENEVAN, W. M.; COSTA, M. L. da; FRAZÃO, F. J. L. **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas**, n. 2003, p. 72–81, 2009.

MAROUSEK, J.; VOCHOZKA, M.; PLACHY, J.; ZAK, J. **Glory and misery of biochar**. *Clean Techn Environ Policy*. 19, p. 311–317, 2017.

MARQUES, C. A.; SILVA, D. A.; FONSECA, J. M.; NAKASHIMA, G. T.; YAMAJI, F. M.; **Produção de biochar com palha de cana-de-açúcar (Saccharum sp.)**. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 1, e31211124675, 2022.

NASCIMENTO, W. M. **A Cultura do Grão-de-bico**. Embrapa Hortaliças, 2016. Disponível em: <www.embrapa.br/hortaliças/grao-de-bico/cultivares>. Acesso em: 18/11/2021.

NASCIMENTO, W. M.; SILVA, P. P.; ARTIAGA, O. P.; SUINAGA, F. A. **Grão-de-bico. In: Hortaliças leguminosas**. Embrapa Hortaliças, Brasília, p. 89-118, 2016.

NOVOTNY, E. H.; FREITAS, C.M. B. DE; MELO, M. T. DE; MADARI, B. E. **Biochar: Pyrogenic Carbon For Agricultural Use: a critical review**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 39, p. 321-344, 2015.

NOVOTNY, E. H. **Properties of pyrolysis redidues produced and utility as Biochars**. Dibanet And Smart Chp Networking Day, 2012, Thessaloniki. **Anais eletrônicos...** Thessaloniki: DIBANET, 2012.

OLIVEIRA, M. **O futuro na segunda geração de etanol**. *Revista Pesquisa Fapesp*, v. 200, p. 86–89, 2012.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

RODRIGUES, P. **Grão-de-bico BRS Aleppo permite autossuficiência e abre perspectivas para exportação**. Embrapa Hortaliças, 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/grao-de-bico-brs-aleppo-permite-autossuficiencia-e-abre-perspectivas-para-exportacao>>. Acesso em: 24/04/2022.

ROSSETO, R. R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C.; PRADO JUNIOR, J. P. Q. **Fósforo. In: DINARDOMIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). Cana-de-açúcar.** Campinas: Instituto Agronômico, p. 271-288, 2010

SILVA, I. C. B.; BASILIO, J. J. N.; FERNANDES, L. A.; COLEN, FERNANDO, S. R.A.; FRAZAO, L. A. **Biochars from different residues on soil chemical properties and common bean production.** SCIENTIA AGRICOLA, v. 74, p. 378-382, 2017.

TEIXEIRA, W. G.; SOUSA, R. T. X.; KORNDÖRFER, G. H. **Resposta da cana-de-açúcar a doses de fósforo fornecidas por fertilizante organomineral.** Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1729-1736, dez. 2014.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solos.** 3. ed. revista e ampliada. Brasília (DF): EMBRAPA, 574p, 2017.

THAKKAR, J.; KUMAR, A.; GHATORA, S.; CANTER, C. **Energy balance and greenhouse gas emissions from the production and sequestration of charcoal from agricultural residues.** Renewable Energy, v. 94, p. 558–567, 2016.

VIEIRA, G. E. G.; NUNES, A. P.; TEIXEIRA, L. F.; COLEN, A. G. N. **Biomassa: uma visão dos processos de pirólise.** Revista Liberato, v. 15, n. 24, 2014.

YAMAN, S. **Pyrolysis of biomass to produce fuels and chemical feedstocks.** Energy Conversion and Management, v. 45, n. 5, p. 651–671, mar. 2004.

ZHAO, X.; WANG, J.; WANG, S.; XING, G. **Successive straw biochar application as a strategy to sequester carbon and improve fertility: A pot experiment with two rice/wheat rotations in paddy soil.** Plant and Soil, Amsterdam, v. 378, p. 279-294, 2014.

ZELAYA, K. P. S.; ALVES, B. S. Q.; COLEN, F.; FRAZÃO, LEIDIVAN, A.; SAMPAIO, REGYNALDO A.; PEGORARO, R.F.; FERNANDES, L. A. **Biochar in sugar beet production and nutrition.** CIÊNCIA RURAL, v. 49, p. 684, 2019.