

Produção de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) adubado com biocarvão de cana-de-açúcar

Chickpea yield (*Cicer arietinum* L.) fertilizer with biochar from sugarcane

Producción de fertilizante de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) con biocarbón de caña de azúcar

Recebido: 21/10/2022 | Revisado: 06/11/2022 | Aceitado: 08/11/2022 | Publicado: 14/11/2022

Wilson Pereira Gomes Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5499-021X>

Universidade Federal Minas Gerais, Brasil

E-mail: willsonfh@gmail.com

Luiz Arnaldo Fernandes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9877-1924>

Universidade Federal Minas Gerais, Brasil

E-mail: larnaldo@ufmg.br

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 e possibilita a abertura de mercado brasileiro. 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, obtidos 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- com fosfato de potássio, organomineral e fosfato de potássio mais biocarvão. Conclusão, 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; Cana-de-açúcar.

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, imports are necessary and the opening of the Brazilian market is possible. 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, being the factors: 2 - with and without liming and 6 treatments - with potassium phosphate, organomineral and potassium phosphate plus biochar. Conclusion, 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; Sugar cane.

Resumen

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es la quinta leguminosa más cultivada en el mundo, tiene alto valor nutricional y múltiples posibilidades para el consumo humano. India es el mayor productor y consumidor, pero no es autosuficiente, las importaciones son necesarias y la apertura del mercado brasileño es posible. Los organominerales son fertilizantes producidos a partir de mezclas de materias minerales y orgánicas, pueden obtenerse de los residuos de la actividad agrícola o agroindustrial. La incorporación de residuos orgánicos generados por las actividades agrícolas en su producción, se presenta como una alternativa de fertilización y reutilización del bagaço de caña de

azúcar en la búsqueda de nuevas tecnologías que reduzcan los impactos ambientales. El objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de un fertilizante organomineral, obtenido a partir de la biomasa de la caña de azúcar en el cultivo de garbanzo. El experimento fue realizado en macetas, en invernadero del Instituto de Ciencias Agrícolas de la UFMG, Montes Claros - MG. El diseño experimental utilizado fue un diseño completamente al azar (DIC), en un esquema factorial 2x3 con 4 repeticiones, siendo los factores: 2 - con encalado y sin encalado y 6 tratamientos - con fosfato de potasio, organomineral y fosfato de potasio más biocarbón. Conclusión, no hubo efecto del encalado sobre la producción de garbanzo. Los valores más altos de las variables relacionadas con el crecimiento de la planta de garbanzo y la producción de materia seca se obtuvieron en los tratamientos con fertilizante organomineral producido a partir de biocarbón de caña de azúcar.

Palabras clave: Biocarbón; Organominerales; Pirólisis; Nutrición vegetal; Caña de azúcar.

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, caldo-de-cana 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 fonte de energia (Novotny et al., 2015).

Os adubos organominerais são fertilizantes produzidos pela mistura de materiais minerais e orgânicos, que pode ser obtido a partir de vários resíduos da atividade agropecuária e até mesmo agroindustrial (Juneck 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 a partir do biochar 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 por tanto exerce uma pressão em busca de novas tecnologias que diminua os impactos ambientais causados por esse processo agroindustrial. O uso como matéria prima 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 alternati vas

como os organominerais passam a ser uma alternativa, 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). Uma utilização viável para a mitigação desses impactos ambientais é a produção de um biochar, já que o mesmo possui elevado teor de carbono fixo, considerado estável. A modificação do material vegetal em biocarvão (biochar) proporciona uma lenta decomposição no solo em comparação ao material não transformado (Marques et al., 2022). 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 no solo em comparação ao material não transformado (Marques et al. 2022).

O biochar trata-se de um produto riquíssimo em carbono, produzido a partir do aquecimento de uma biomassa em um sistema fechado, um processo de degradação térmica que ocorre a partir de uma biomassa, com limitação de oxigênio pirólise (Johannes & Joseph 2011). Entre suas principais aplicações destaca-se a melhoria das propriedades do solo, 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).

Nesse trabalho, nossa hipótese é que o fertilizante organomineral produzido a partir de biocarvão de bagaço (BVE) 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.

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), sendo assim os fertilizantes organominerais passam a ser uma alternativa.

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

2. Metodologia

O experimento foi realizado em vasos em casa de vegetação, no mês de março foi realizado o plantio e a colheita foi em junho de 2022, no 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 (Alvares et al., 2013).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2x3 com quatro repetições. Os tratamentos foram calagem (sem e com correção da acidez do solo) e seis adubações (fosfato de potássio,

fosfato de potássio e biocarvão e um adubo organomineral peletizado). Os pellets dos adubos organomineral foram produzidos a partir de biocarvão de 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 dm⁻³ 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 IC | 6,1 | 2,46 | 22,6 | 56,7 | 0,5 | 8 | 13,8 | 12,4 | 2,6 | |
| | 0,15 | 0,18 | 1,18 | 2,01 | 0,04 | 0,61 | 0,61 | 1,19 | 0,61 | |
| | Cu | Zn | Fe | Mn | Si | Ni | Pb | Cd | Ds | Cinza |
| | mg/kg | | | | | | | | g/cm ³ | % |
| Média IC | 51,5 | 270 | 1,43 | 56,9 | 798,6 | 5,2 | 3,03 | 4,5 | 0,45 | 10 |
| | 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). Fonte: Autores (2022).

Para a produção o adubo organomineral utilizou-se a seguinte proporção, definida em por meio de pre-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. 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. 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.

Para o experimento em casa-de-vegetação o solo foi passado em peneira de quatro milímetros de malha e acondicionados em vasos de 3 dm 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.

O solo de cada vaso com os respectivos tratamentos foi 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 de campo, por meio de

irrigações diárias. Quando necessário, foi realizado os tratos culturais recomendados para controles de pragas e doenças.

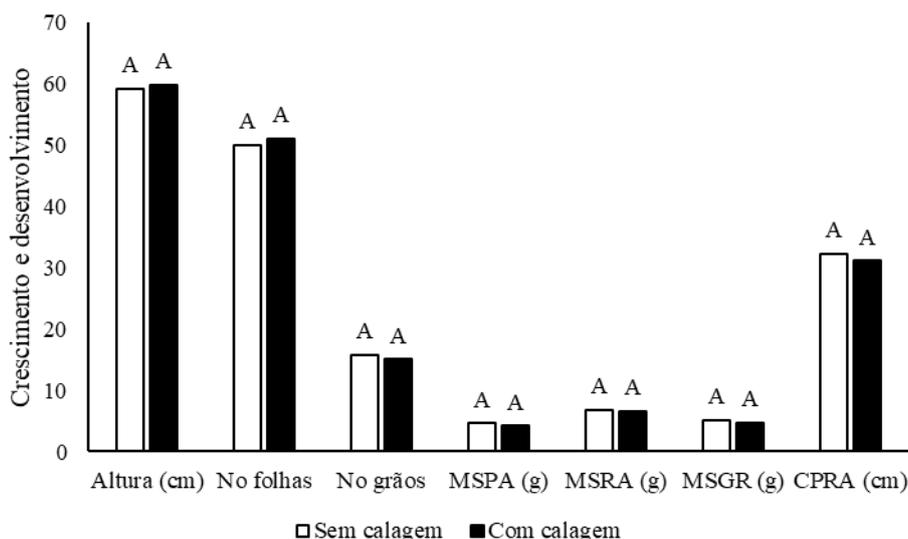
Na época da maturação fisiológica dos grãos foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de planta (AP), número de folhas (NF) número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por planta (NGP). As plantas foram colhidas, separadas em raízes, caule e folhas e grãos e secas em estufa a 60°C para a determinada a produção de matéria seca

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.

3. Resultados e Discussão

De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que não houve efeito da calagem para a variáveis estudadas (Figura 1). Esses resultados indicam que as plantas de grão-de-grão 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 solo solos arenosos e de 70% em solos argilosos. No presente estudo, a saturação por bases dos tratamentos sem calagem era de 7,15%, enquanto dos tratamentos com calagem foram levados para 70%.

Figura 1 - Crescimento e desenvolvimento das plantas de grão-de-bico sob 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: Autores (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 calagem (Tabela 2) e massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSRA), massa seca de grão (MSGR) e (CPRA) nos tratamentos sem calagem (Tabela 3). Nos tratamentos com calagem não houve diferença entre as adubações para a variável MSPA (Tabela 3).

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 biocarvão 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 |

*Medias 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 linha não diferem entre si pelo teste de F ($P < 0,05$). Fonte: Autores (2022).

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 biocarvão 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 |

*Medias 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: Autores (2022).

Os maiores valores das variáveis estudadas foram obtidos nos tratamentos com biocarvão ou com adubo mineral 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 & Abbas, 2014), diminuindo os riscos de poluição associados ao descarte desses resíduos no ambiente (Ahmad et al., 2014). Em segundo lugar, diferentemente da incorporação ao solo de resíduos orgânicos in natura, o biochar eleva o armazenamento de carbono no solo, já que esse material apresenta alta concentração de carbono estável, de degradação lenta (Josko et al., 2013; Novotny, 2012), reduzindo assim as emissões de gases de efeito estufa (Gwenzi et al., 2016).

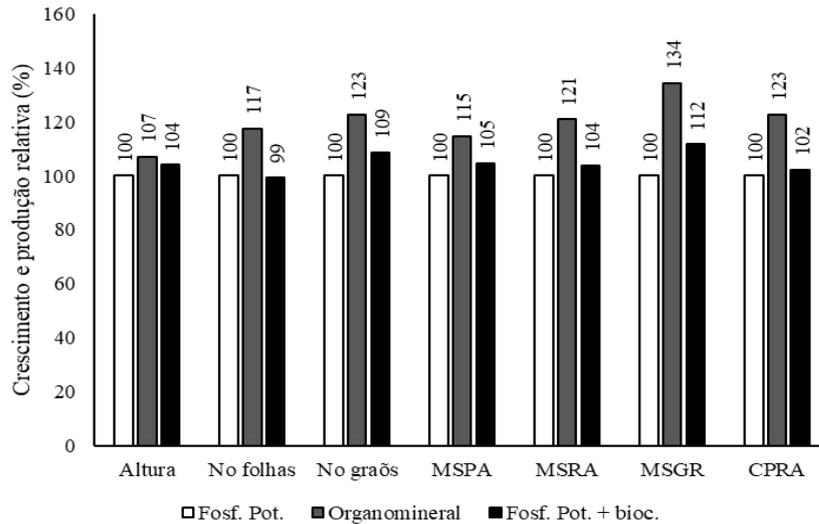
No presente estudo, as doses de fósforo e potássio aplicadas via fosfato de potássio atenderiam as demandas das plantas de grão-de-grão de bico. Dessa forma, o que justifica os maiores valores das variáveis nos tratamentos com biocarvão é a melhoria nas propriedades do solo e os efeitos do biocarvão no crescimento das plantas. Em relação ao organomineral peletizado, 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.

Nas Figuras 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, tanto nos

tratamentos sem e com calagem que o incremento relativo de raízes foi maior nos tratamentos com adubo organomineral peletizado. Na ausência de calagem o incremento relativo foi de 21%, enquanto no tratamento com calagem foi de 31%.

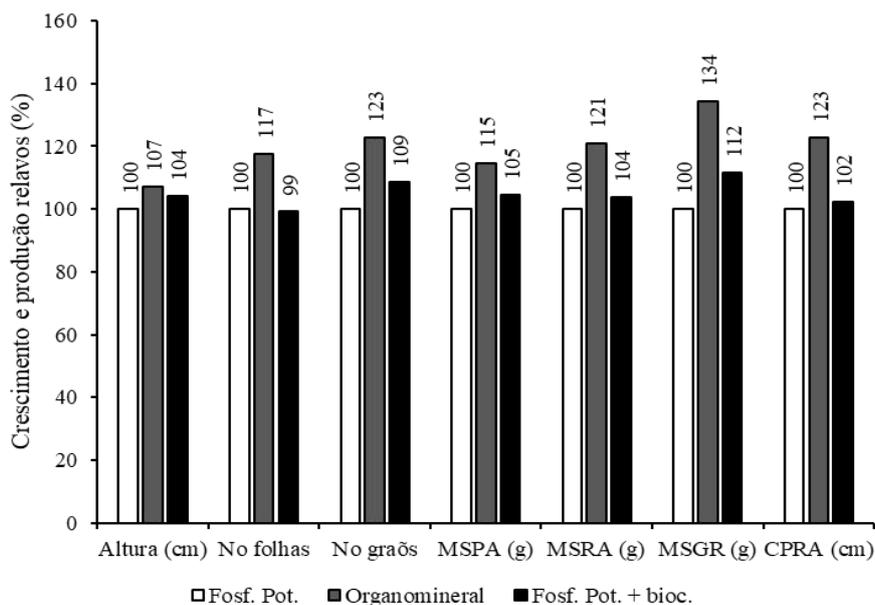
Esses resultados corroboram os obtidos por Silva et al. (2017) e Zelaya et al. (2019), que verificaram que os biocarvão favoreceram o maior crescimento de raízes finas de plantas de feijoeiro e de beterraba, respectivamente, o que favoreceu a maior produção as plantas nos tratamentos com biocarvões,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

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



Fonte: Autores (2022).

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



Fonte: Autores (2022).

4. 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 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.

Referências

- Abdelhafez, A. A., Li, J., & Abbas, M. H. H. (2014). Feasibility of biochar manufactured from organic wastes on the stabilization of heavy metals in a metal smelter contaminated soil. *Chemosphere*, 117, 66-71.
- Ahmad, M., Rajapaksha, A.U., Lim, J.E., Zhang, M., Bolan, N., Mohan, D., Vithanage, M., Lee, S. S., & Ok, Y. S. (2014). Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: a review. *Chemosphere* 99: 9-33.
- Alvares C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Moraes, J. L. G., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- Buss, W., Graham, M. C., Shepherd, J. G., & Mašek, O. (2016). Suitability of marginal biomass-derived biochars for soil amendment. *Science of the Total Environment*, 547, 314–322.
- Dias, B. P., & Rowe, R. V. A. (2013). Bagaço de cana de açúcar: matéria prima para fabricação de materiais biodegradáveis. 2013. *Bioenergia em revista: diálogos*, (1), 73-87.
- Conab. (2022). Companhia Nacional de Abastecimento. Produção da safra atual de cana-de-açúcar. Agência Brasil. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>.
- Cruz, N. F. F. S. (2019). Produtividade de grãos e acúmulo de nutrientes em solo adubado com dejetos animais durante nove safras. 55 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.
- García, A., Gandini A., Labidi J., Belgacem N., Brass J., et al. (2016) Industrial and crop wastes: A new source for nanocellulose biorefinery. *Industrial Crops and Products*, San Sebastián, 93, 26-38.
- Johannes, S. L., & Joseph. S. (2011). *Biochar for Environmental Management Science and Technology*. (2a ed.,) Routledge.
- Junek, J. O. M. de O., Lara, T. S., Paiva, M. J. do A., Martins, D. B., Morais, C. G. de. (2014). Fertilizantes Organominerais. Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas (ISAH) Circular técnica 06, Araxá, MG.
- Kern, D. C., Kämpf, N., Woods, W. I., Denevan, W. M., Costa, M. L., & Frazão, F. J. L. (2009). As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas, n. 2003, 72–81.
- Nascimento, W. M., Silva, P. P., Artiaga, O. P., & Suinaga, F. A. (2016). Grão-de-bico. In: *Hortaliças leguminosas*. Embrapa Hortaliças, Brasília, 89-118.
- Novotny, E. H., Freitas, C. M. B. de; Melo, M. T., Madari, B. E. (2015) Biochar: Pyrogenic Carbon For Agricultural Use: a critical review. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, (39), 321-344.
- Novotny, E. H. (2012). Properties of pyrolysis residues produced and utility as Biochars. Dibanet And Smart Chp Networking Day, Thessaloniki. Anais eletrônicos... Thessaloniki: DIBANET.
- Raij, B. Van. Fertilidade do solo manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.
- Rosseto, R. R., Dias, F. L. F., Vitti, A. C., Prado Junior, J. P. Q. Fósforo. In: Dinardo Miranda, L. L., Vasconcelos, A. C. M., & Landell, M. G. A. (Ed.). (2010) *Cana-de-açúcar*. Campinas: Instituto Agronômico, 271-288
- Silva, I. C. B., Basilio, J. J. N., Fernandes, L. A., Colen, F., S. R.A., & Frazao, L. A. (2017). Biochars from different residues on soil chemical properties and common bean production. *Scientia Agricola*, 74, 378-382.
- Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., & Teixeira, W. G. (2017). Manual de métodos de análise de solos. (3ª. ed.) revista e ampliada. Brasília (DF): EMBRAPA, 574p.
- Thakkar, J., Kumar, A., Ghatara, S., & Canter, C. (2016). Energy balance and greenhouse gas emissions from the production and sequestration of charcoal from agricultural residues. *Renewable Energy*, 94, 558–567.
- Zhao, X., Wang, J., Wang, S., & Xing, G. (2014). 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, 378, 279-294.
- Zelaya, K. P. S., Alves, B. S. Q., Colen, F., Frazão, L. A., Sampaio, R. A., Pegoraro, R.F., & Fernandes, L. A. (2019). Biochar in sugar beet production and nutrition. *CIÊNCIA RURAL*, 49, 684.