



## CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**Aplicações anuais de adubação mineral e orgânica em plantio direto de cebola: efeito no rendimento e na fertilidade do solo****Annual applications of mineral and organic fertilizers in onion cultivation under no-tillage system: effect on yield and soil fertility**Fábio Satoshi Higashikawa<sup>1</sup>, Rafael Ricardo Cantú<sup>2</sup>, Claudinei Kurtz<sup>3</sup>, Paulo Antônio de Souza Gonçalves<sup>4</sup>, João Vieira Neto<sup>5</sup>

## RESUMO

A busca por fontes alternativas de nutrientes para as plantas é essencial para a nossa agricultura que é dependente da importação de fertilizantes minerais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do uso contínuo de adubação mineral e de doses de composto orgânico no rendimento da cebola e na fertilidade do solo para as camadas de 0 a 10 e de 10 a 20 cm. O experimento foi em esquema fatorial entre o fator ano (3 anos) e o fator tratamento (adubação mineral e 5 doses de composto orgânico). As doses de composto orgânico foram as seguintes: 0, 10, 20, 30 e 60 t ha<sup>-1</sup>. Após a colheita da cebola, foram coletadas amostras de solo e analisados: pH, matéria orgânica (MO), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases e teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu e Zn. A partir da dose de 10 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico o rendimento da cebola foi estatisticamente igual ao obtido pelo tratamento que utilizou somente fertilizantes minerais. As doses de composto orgânico aumentaram a CTC e os teores de MO, P, K, Cu e Zn principalmente na camada de 0 a 10 cm em relação ao tratamento que utilizou somente fertilizante mineral.

**Palavras-chave:** *Allium cepa* L.; sistema de plantio direto de hortaliças; adubação orgânica; matéria orgânica; plantas de cobertura.

## ABSTRACT

*Searching for alternative nutrient sources for plants is essential for our agriculture, which depends on imported mineral fertilizers. This paper aims to evaluate the effect of continuous use of mineral fertilizer and doses of organic compost on onion yield and soil fertility in the 0 to 10 and 10 to 20 cm layers. The experiment comprised a factorial scheme between the year factor (3 years) and the treatment factor (mineral fertilization and five doses of organic compost). The doses of organic compost were as follows: 0, 10, 20, 30, and 60 t ha<sup>-1</sup>. After harvesting, we collected soil samples in each plot in the 0 to 10 and 10 to 20 cm layers for analysis of the following attributes: pH, organic matter (OM), cation exchange capacity (CEC),*

<sup>1</sup> Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri, Florianópolis/SC – Brasil. E-mail: [fabiohigashikawa@epagri.sc.gov.br](mailto:fabiohigashikawa@epagri.sc.gov.br)

<sup>2</sup> E-mail: [rrcantu@epagri.sc.gov.br](mailto:rrcantu@epagri.sc.gov.br)

<sup>3</sup> E-mail: [kurtz@epagri.sc.gov.br](mailto:kurtz@epagri.sc.gov.br)

<sup>4</sup> E-mail: [pasg@epagri.sc.gov.br](mailto:pasg@epagri.sc.gov.br)

<sup>5</sup> E-mail: [joaoneto@epagri.sc.gov.br](mailto:joaoneto@epagri.sc.gov.br)



base saturation, and P, K, Ca, Mg, S, B, Cu and Zn levels. From the dose of 10 t ha<sup>-1</sup> of organic compost, the yield of the onion was statistically equal to that obtained by the treatment that used only mineral fertilizers. The organic compost doses increased CEC and MO, P, K, Cu, and Zn levels, mainly in the 0 to 10 cm layer compared to the treatment that used only mineral fertilizer.

**Keywords:** *Allium cepa* L.; no-till system for vegetables; organic fertilization; organic matter; cover crops.

## 1. INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma das espécies oleráceas mais apreciadas e consumidas em todo o mundo. No Brasil, a cebola é a terceira hortaliça mais importante em termos econômicos. Santa Catarina destaca-se como o maior produtor de cebola com 29% da produção nacional. (IBGE, 2019). No entanto, a maior parte do cultivo de cebola é feita em sistema convencional de preparo do solo com a fertilização restrita a fontes minerais. (EPAGRI, 2013). O revolvimento excessivo do solo presente no sistema convencional contribui para a degradação acelerada da estrutura, pelo rompimento dos agregados, o que contribui significativamente com os processos erosivos. (BERTOL *et al.*, 2000; SILVA *et al.*, 2016). Desse modo a adoção de sistema de manejo conservacionistas, como o sistema plantio direto com inclusão de plantas de cobertura pode contribuir significativamente para a proteção e melhoria da qualidade física, química e biológica do solo (COMIN *et al.*, 2018) com consequentes incrementos na produtividade de cebola. (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

A adubação orgânica pode ser feita na forma sólida *in natura* ou após processo de compostagem desses materiais e na forma líquida. A utilização agrícola desses resíduos permite a reciclagem de nutrientes e a redução da utilização de fertilizantes minerais. (HIGASHIKAWA; KURTZ, 2016). O Brasil importa em torno de 80% dos fertilizantes minerais. (ANDA, 2020). A redução dessa dependência externa é importante para aumentar a competitividade da agricultura brasileira no mercado internacional. (BRASIL, 2021). O uso de resíduos orgânicos para fins agrícolas pode ser economicamente, ambientalmente e socialmente viável quando a disposição no ambiente é feita de maneira criteriosa. (PIRES; MATTIAZZO, 2008).

A reciclagem, por meio da agricultura, de resíduos orgânicos e outros originados de atividades antrópicas é ampla, utilizando várias fontes como os resíduos de lodo de esgoto, sólidos urbanos, da indústria agro-alimentar e de processamento de alimentos, e de culturas agrícolas. Essa utilização é reconhecida como uma alternativa promissora para o manejo de resíduos sólidos orgânicos. (PROVENZANO *et al.*, 2001). Nesse sentido, a compostagem, um processo natural disponível para a estabilização desses materiais, é necessária para a disposição adequada de resíduos sólidos no ambiente. (ZHANG; HE, 2006). A compostagem é o tratamento mais utilizado e bem desenvolvido para o manejo de resíduos orgânicos urbanos. (BERNAL *et al.*, 1998a). Essa técnica consiste na decomposição, sob condições aeróbicas, da matéria orgânica por meio de uma rápida sucessão de microrganismos que transformam o resíduo em um produto estabilizado. (DIAS *et al.*, 2010; SENESI, 1989; SHARMA *et al.*, 1997). Durante a primeira fase do processo de compostagem, os compostos simples de carbono orgânico são facilmente mineralizados e metabolizados por microrganismos, produzindo CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, ácidos orgânicos e calor. Durante a evolução do processo há acúmulo de calor, que aumenta a temperatura na pilha do composto, de modo que, ao final do processo, há redução do volume do resíduo orgânico e diminuição da germinação de sementes de ervas daninhas e eliminação de microrganismos patogênicos.



(BERNAL *et al.*, 2009). O principal requerimento de um composto para ser usado de forma segura na agricultura é o seu grau de estabilidade ou maturidade, o que implica em presença de matéria orgânica humificada e ausência de compostos fitotóxicos e de patógenos de plantas e animais. (BERNAL *et al.*, 1998b). Os compostos orgânicos não podem também conter metais e substâncias orgânicas de elevada persistência no ambiente (SHARMA *et al.*, 1997) acima dos teores permitidos pela legislação.

Em relação a adubação orgânica de cebola, o maior desafio é sincronizar a taxa de liberação de nutrientes dos resíduos e a demanda da cultura. Pois, há especificidade para cada tipo de resíduo e para cada tipo de cultivar de cebola. (HIGASHIKAWA; KURTZ, 2016).

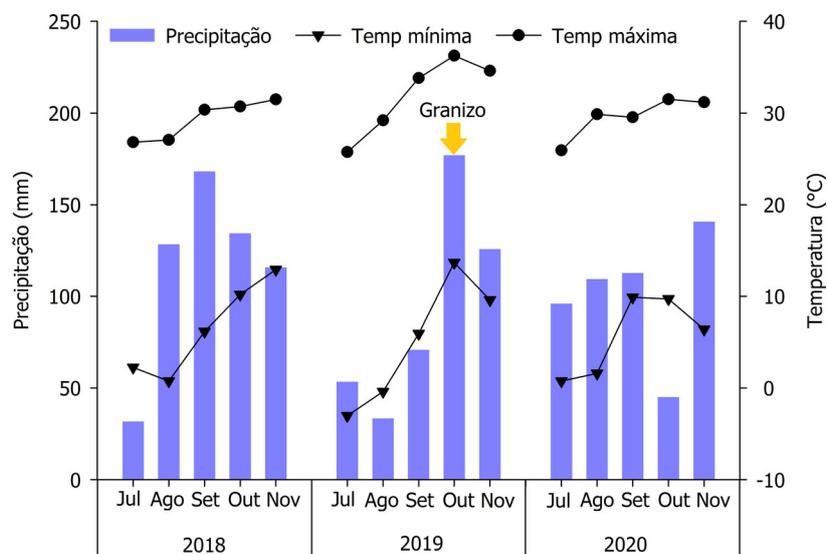
O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do uso contínuo durante três anos de adubação mineral e de doses de composto orgânico aplicados sobre a palha de plantas de cobertura no rendimento da cebola cultivada no sistema de plantio direto e na fertilidade do solo na camada de 0 a 10 e de 10 a 20 cm.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS E TRATAMENTOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Epagri em Ituporanga, Santa Catarina, Brasil, situada a 27°25'S, 49°38'W, altitude de 475 m. O clima da região foi classificado como Cfa segundo classificação de Köppen. (ALVARES *et al.*, 2013). O solo em estudo foi classificado de acordo com Santos *et al.* (2013) como Cambissolo Húmico. O cultivar de cebola utilizado foi o SCS373 Valessul com plantio e colheita respectivamente nos meses de julho e novembro dos anos de 2018, 2019 e de 2020. A precipitação e as temperaturas máximas e mínimas registradas durante os cultivos da cebola em 2018, 2019 e 2020 são apresentadas na Figura 1. No ano de 2019 no mês de outubro ocorreu granizo no período da bulbificação da cebola o que consequentemente reduziu o rendimento de bulbos de cebola.

**Figura 1** – Dados climáticos dos meses de julho a novembro dos anos de 2018, 2019 e 2020.



Fonte: Elaborada pelos autores.



A amostra de solo coletada na camada 0 a 20 cm antes da instalação do experimento apresentava os seguintes valores: argila = 246 g kg<sup>-1</sup>; areia = 399 g kg<sup>-1</sup>; silte = 355 g kg<sup>-1</sup>; pH = 5,7; Ca<sup>2+</sup> = 5,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 3,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; P (Mehlich-1) = 21,0 mg dm<sup>-3</sup>; K+ (Mehlich-1) = 116,0 mg dm<sup>-3</sup>; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> = 43,1 mg dm<sup>-3</sup>; Saturação por bases = 72,4%; matéria orgânica (OM) = 3,2%; B = 0,5 mg dm<sup>-3</sup>; Cu<sup>2+</sup> = 0,3 mg dm<sup>-3</sup>; Zn<sup>2+</sup> = 5,6 mg dm<sup>-3</sup>; Fe<sup>2+</sup> = 115 mg dm<sup>-3</sup> e Mn<sup>2+</sup> = 8,4 mg dm<sup>-3</sup>. As metodologias utilizadas para análise de solo foram aquelas descritas em CQFS-RS/SC (2016).

O transplântio das mudas de cebola, em 2018, 2019 e 2020 foi realizado no mês de julho, após o acamamento com rolo-faca das plantas de cobertura de inverno (Tabela 1), que foram semeadas no mês de abril. Após a colheita, no mês de dezembro de cada ano, foi feito o plantio de plantas de cobertura de verão. Portanto, o plantio das plantas de cobertura de inverno foram realizados sobre a palha das plantas de cobertura de verão. Tanto no inverno como no verão foram cultivadas plantas de cobertura em consórcio com duas espécies.

**Tabela 1** – Ano, estação do ano, espécies de plantas de cobertura semeadas em consórcio, densidade de semeadura e produção média de matéria seca para o cultivo de cebola em sistema de plantio direto em 2018, 2019 e 2020.

Ano	Estação do ano	Espécies consorciadas	Densidade de semeadura (kg ha <sup>-1</sup> )	Matéria seca (t ha <sup>-1</sup> )
2018	Inverno*	Avena strigosa Schreb + Raphanus sativus	60 + 10 (OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2016)	8,7
	Verão	Mucuna aterrima + Pennisetum glaucum	40 + 30 (MENEZES JÚNIOR <i>et al.</i> , 2014)	9,3
2019	Inverno	Secale cereale L. + Raphanus sativus	60 + 10 (OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2016)	8,6
	Verão	Mucuna aterrima + Pennisetum glaucum	40 + 30	11,2
2020	Inverno	Avena strigosa Schreb + Raphanus sativus	60 + 10	10,9

\*O plantio das plantas de cobertura de inverno é sobre os restos vegetais das plantas de cobertura de verão. Por essa razão a matéria seca das plantas de cobertura de inverno também considera os restos vegetais das plantas de cobertura de verão.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os tratamentos do estudo foram: a adubação mineral de acordo com a análise de solo e recomendações de adubação para a cultura da cebola (CQFS-RS/SC, 2016), e doses de composto orgânico de 0, 10, 20, 30 e 60 t ha<sup>-1</sup>, que foram as doses utilizadas no estudo de Vidigal *et al.* (2010). O composto utilizado foi elaborado a partir de resíduos da criação e abate de suínos,



produzidos na unidade de compostagem Lauro Pamplona, no município de Trombudo Central – SC. O material possuía teores de macronutrientes de 2,9% de N; 2,0% de P; 0,8% de K; 0,5% de Ca e 0,05% de Mg, apresentando teores de micronutrientes de 0,03% de Cu; 0,05% de Zn; 0,07% de Fe e 0,08% de Mn. O composto possuía 42,8% de C e uma relação C/N de 14. As metodologias utilizadas para caracterizar o composto orgânico são as descritas por Tedesco *et al.* (1995).

O tratamento com adubação mineral recebeu 150 kg ha<sup>-1</sup> de N pela aplicação de nitrato de amônio, 157,5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por meio de superfosfato simples e 127,5 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O fornecido pelo cloreto de potássio. As doses de nitrogênio provenientes do nitrato de amônio foram aplicadas 15% no plantio, 25% aos 35 dias após transplântio (DAT), 35% aos 60 DAT e 25% aos 85 DAT. Enquanto que 50% da dose de K (KCl) foi aplicada no plantio e, o restante aos 60 e 85 DAT. As doses de composto orgânico foram todas aplicadas no momento do transplântio das mudas de cebola e não receberam complementação de fertilizantes minerais. Antes do transplântio manual das mudas foi feita a aplicação superficial a lanço de fertilizantes minerais ou do composto orgânico nas parcelas. O transplântio manual no mês de julho de cada ano das mudas de cebola foi realizado após abertura de sulcos com microtrator adaptado para operar na palha. O espaçamento entre plantas foi de 40 cm entre linhas e 8 cm entre si, o que resultou em uma densidade de 312.500 plantas por hectare. O tamanho de parcelas foi de 9,6 m<sup>2</sup>. A área útil considerada para avaliar o rendimento da cebola foi de 6,1 m<sup>2</sup>. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, seis tratamentos. Cada bloco foi constituído por seis parcelas com distância entre parcelas de 1 m. O experimento constou de quatro blocos de seis tratamentos localizados lado a lado, totalizando assim 24 parcelas em cada ano agrícola (2018, 2019 e 2020). Para a passagem de um trator utilizado na aplicação de produtos fitossanitários, o espaçamento no meio dos quatro blocos era de 2,5 m. Porém, o espaço entre os dois blocos de cada lado da passagem do trator era de 1 m. Os tratamentos foram repetidos em cada ano sempre nas mesmas parcelas de modo que o ano foi considerado um fator assim como os tratamentos. Portanto, o experimento foi em esquema fatorial entre os fatores, ano (2018, 2019 e 2020) e o tratamento (adubação mineral e 5 doses de composto orgânico). Dessa forma o esquema experimental foi um fatorial de 3x6 com quatro repetições.

O controle de ervas daninhas, doenças e pragas foi realizado com produtos químicos registrados para a cultura da cebola no Ministério da Agricultura do Brasil. Foram realizadas três aplicações de herbicidas com cletodim e pendimetalina e uma capina manual para controle de plantas daninhas. Oito aplicações de fungicidas com os princípios ativos, propinebe, metalaxil + clorotalonil e metalaxil + mancozeb, foram realizadas para o controle da doença fúngica míldio (*Peronospora destructor*). No manejo do inseto tripses (*Thrips tabaci* Lind.), foram realizadas três aplicações de inseticidas com lambda-cialotrina e imidacloprido. Tanto fungicidas quanto inseticidas foram aplicados alternando produtos que possuem diferentes modos de ação e princípios ativos nas plantas (contato e sistêmico). Ao final do experimento, foi avaliado o rendimento dos bulbos comerciais de cebola, que de acordo com as normas de mercado possuem o diâmetro maior que 35 mm e sem defeitos.

## 2.2. COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO

Em cada parcela, após a colheita da cebola, foram coletadas, em cinco pontos aleatórios, subamostras para compor uma amostra composta de solo das camadas de 0 a 10 e de 10 a 20 cm para avaliar os seguintes atributos da fertilidade do solo: pH, matéria orgânica (MO), capacidade



de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%), e teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu e Zn. As metodologias utilizadas nas análises de solo foram aquelas descritas em Tedesco *et al.* (1995).

### 2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

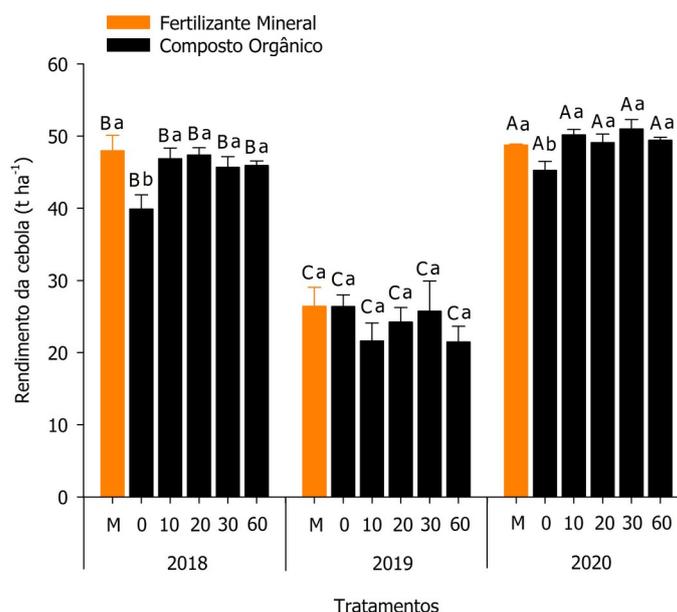
Os dados de solo e de rendimento de cebola foram submetidos à análise fatorial (fatores ano e tratamento) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Foram ajustados modelos de regressão ( $p < 0,05$ ) de primeiro, segundo e terceiro grau para o rendimento de cebola e para os dados de fertilidade do solo em função das aplicações de doses de composto orgânico. As análises estatísticas foram realizadas em linguagem R por meio do software versão 4.0.2. (R CORE TEAM, 2020). Os gráficos, a correlação de Pearson e o ajuste da equação exponencial foram realizados através do software SigmaPlot versão 14.0.

## 3. RESULTADOS

### 3.1. RENDIMENTO DA CEBOLA

O rendimento de três safras (2018, 2019 e de 2020) da cebola cultivada em sistema de plantio direto está representado pela Figura 2. No ano de 2019 em função da ocorrência de granizo (Figura 1) houve uma drástica redução no rendimento da cebola. Dessa forma, esse evento climático nivelou o rendimento de cebola entre os tratamentos. O rendimento da dose zero de composto orgânico foi inferior em relação aos demais tratamentos, que foram similares entre si, nos anos de 2018 e 2020. No entanto, a média do rendimento dos tratamentos do ano de 2020 foi superior ao de 2018.

**Figura 2** – Rendimento da cebola em sistema de plantio direto nos anos de 2018, 2019 e 2020 em função da adubação com fertilizante mineral (M) ou com o uso de doses de composto orgânico (0, 10, 20, 30 e 60 t ha<sup>-1</sup>). Letras maiúsculas iguais não diferenciam os anos pelo teste de média de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas iguais não diferenciam os tratamentos dentro de cada ano pelo teste de média de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

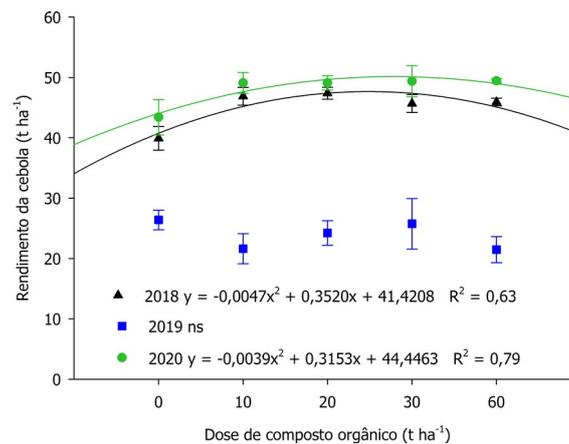


Fonte: Elaborada pelos autores.



A análise de regressão do rendimento da cebola nos anos de 2018, 2019 e 2020 em função das doses de composto orgânico está representada na Figura 3. No ano de 2019 em função da ocorrência de granizo o ajuste da curva não foi significativa ( $p < 0,05$ ). Para os anos de 2018 e 2020 foi ajustada curva de segundo grau. No ano de 2020 o modelo quadrático teve um melhor ajuste que é possível observar pelo maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 79%. Além disso, o rendimento da cebola foi maior para o ano de 2020 em relação ao ano de 2018.

**Figura 3** – Curvas de regressão ajustadas para o rendimento da cebola em sistema de plantio direto nos anos de 2018, 2019 e 2020 em função das doses de composto orgânico (0, 10, 20, 30 e 60 t ha<sup>-1</sup>) aplicadas.



Legenda: ns = não significativo. Fonte: Elaborada pelos autores.

### 3.2. ANÁLISE FATORIAL DOS ATRIBUTOS DA FERTILIDADE DO SOLO

Os efeitos dos fatores tratamento e ano nos atributos da fertilidade do solo na camada de 0 a 10 cm em três cultivos de cebola no sistema de plantio direto estão apresentadas nas Tabelas 2 e 3. Como fator individual, o tratamento influenciou significativamente ( $p < 0,05$ ) pH, MO, CTC, P, K, Cu e Zn nos três anos. No entanto, não influenciou significativamente o pH e o Mg. O ano ao ser considerado como fator individual, incrementou as médias significativamente ( $p < 0,05$ ) para os atributos, MO, CTC, V%, P, K, Ca, Mg, B, Cu e Zn, durante o período do estudo. Porém, o fator ano não foi significativo para pH e S. O efeito de interação entre tratamento e o ano foi significativo ( $p < 0,05$ ) para MO, CTC, V%, P, Ca, B e Zn. No entanto, essa interação não foi significativa para pH, K, Mg, S e Cu.

Na camada de 10 a 20 cm também foram verificados os efeitos dos fatores tratamento e ano nos atributos da fertilidade do solo em três cultivos de cebola no sistema de plantio direto (Tabelas 4 e 5). Como fator individual, o tratamento influenciou significativamente ( $p < 0,05$ ) as médias da MO, CTC, P, K, Cu e Zn nos três anos. No entanto, não influenciou significativamente o V%, Ca, Mg, S e o B. Considerando o ano como fator individual, as médias de pH, MO, CTC, V%, P, K, Ca, Mg, B, Cu e Zn de maneira geral aumentaram significativamente ( $p < 0,05$ ) com o decorrer dos anos. Porém, o fator ano não foi significativo para o S. O efeito de interação entre tratamento e o ano foi significativo ( $p < 0,05$ ) para P, K, B e Zn. No entanto, essa interação não foi significativa para pH, MO, CTC, V%, Ca, Mg, S e Cu. Desse modo, na camada de 10 a 20 cm houve menos interação significativa dos fatores com os atributos da fertilidade do solo em relação a camada de 0 a 10 cm (Tabelas 2 e 3).



**Tabela 2** – Interação entre os tratamentos (fertilização mineral e uso de doses de composto orgânico) em relação ao cultivo sucessivo de cebola no sistema plantio direto por três anos (2018, 2019 e 2020) para as propriedades do solo da camada 0 a 10 cm.

Tratamento	pH	MO	CTC	V	P	K
		%	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	%	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>
2018						
M	5,9 Aa	2,5 Ab	12,8 Bc	65,0 Bb	37,9 Ad	246,3 Bc
0	5,9 Aa	2,5 Ab	12,8 Bc	64,8 Bb	16,3 Ae	209,1 Bc
10	6,0 Aa	3,0 Bb	13,7 Ab	67,1 Bb	43,3 Ad	219,1 Bc
20	5,8 Aa	3,5 Ba	14,1 Bb	64,0 Bb	112,1 Bb	328,3 Bb
30	6,0 Aa	3,0 Bb	13,8 Bb	71,8 Aa	94,8 Cc	292,8 Bc
60	5,9 Aa	3,9 Ba	15,2 Ca	69,8 Ba	251,2 Ca	419,8 Ba
2019						
M	5,9 Aa	3,3 Ab	15,0 Ad	71,8 Aa	33,1 Ad	297,3 Ab
0	5,9 Aa	3,0 Ab	16,3 Ac	70,6 Aa	16,02 Ae	238,9 Ab
10	6,0 Aa	2,7 Bb	14,5 Ad	70,4 Ba	39,1 Ad	287,4 Ab
20	5,9 Aa	3,3 Bb	18,0 Ab	73,4 Aa	91,4 Cc	344,5 Ab
30	6,0 Aa	3,4 Bb	16,2 Ac	73,8 Aa	148,1 Bb	349,3 Ab
60	6,0 Aa	4,1 Ba	19,4 Aa	77,5 Aa	365,3 Aa	559,0 Aa
2020						
M	5,7 Aa	3,0 Ac	14,2 Ab	68,0 Bb	38,5 Ae	219,7 Bc
0	5,9 Aa	3,0 Ac	12,8 Bc	74,5 Aa	11,1 Af	187,5 Bc
10	6,1 Aa	3,8 Ac	14,1 Ab	78,0 Aa	57,5 Ad	213,0 Bc
20	5,9 Aa	4,5 Ab	14,4 Bb	71,9 Ab	131,5 Ac	304,5 Bb
30	6,0 Aa	4,6 Ab	15,1 Ab	76,4 Aa	198,3 Ab	330,0 Bb
60	6,0 Aa	5,9 Aa	17,0 Ba	75,4 Aa	322,1 Ba	550,8 Ba
Anava						
Média	5,9	3,5	15,0	71,3	111,5	310,9
CV (%)	2,6	16,5	5,4	4,7	10,0	15,5
Tratamento	ns	*	*	*	*	*
Ano	ns	*	*	*	*	*
Tratamento*Ano	ns	*	*	*	*	ns

Letras maiúsculas iguais na coluna não diferenciam os anos pelo teste de média de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas iguais na coluna não diferenciam os tratamentos dentro de cada ano pelo teste de média de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Legenda: MO = matéria orgânica; CTC = capacidade de troca de cátions; V = saturação por bases; M = tratamento somente com adubação mineral; 0, 10, 20, 30 e 60 = são respectivamente a aplicação de 0, 10, 20, 30 e 60 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico; Anava = análise de variância; CV = coeficiente de variação; Tratamento = fator tratamento; Ano = fator ano; Tratamento\*Ano = interação entre esses dois fatores; ns = não significativo; \* = interação significativa ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Tabela 3** - Interação entre os tratamentos (fertilização mineral e uso de doses de composto orgânico) em relação ao cultivo sucessivo de cebola no sistema plantio direto por três anos (2018, 2019 e 2020) para os teores de macro e micronutrientes do solo da camada 0 a 10 cm.

Tratamento	Ca	Mg	S	B	Cu	Zn
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>
2018						
M	5,0 Cc	3,1 Ca	53,6 Ab	0,5 Ba	0,6 Bd	5,7 Ad
0	4,8 Cc	3,3 Ca	51,2 Ab	0,5 Ba	0,7 Bd	5,8 Ad
10	5,1 Cc	3,4 Ca	50,6 Ab	0,5 Ba	1,3 Bc	11,2 Bc
20	5,4 Cb	3,1 Ca	57,8 Ab	0,5 Ba	2,7 Bb	27,5 Bb
30	5,4 Cc	3,3 Ca	54,0 Ab	0,5 Ba	2,3 Bb	24,7 Cb
60	6,1 Ca	3,4 Ca	64,7 Aa	0,6 Ba	4,0 Ba	48,8 Ca
2019						
M	5,8 Bd	3,9 Aa	49,7 Aa	0,7 Ab	1,2 Ad	7,6 Ae
0	6,5 Ac	4,4 Aa	40,6 Ab	0,7 Ab	1,3 Ad	6,3 Ae
10	5,7 Bd	4,4 Aa	43,6 Ab	0,7 Ab	1,4 Ad	14,6 Bd
20	7,3 Ab	4,4 Aa	47,4 Ab	1,2 Aa	2,1 Ac	29,7 Bc
30	6,7 Bc	4,3 Aa	52,7 Aa	0,8 Ab	2,5 Ab	35,7 Bb
60	9,5 Aa	4,6 Aa	57,7 Aa	1,2 Aa	3,7 Aa	92,2 Ba
2020						
M	6,3 Ab	3,0 Ba	58,9 Aa	0,7 Bb	0,7 Bc	10,0 Ae
0	5,6 Bc	3,5 Ba	46,6 Aa	0,6 Bb	0,8 Bc	7,9 Ae
10	6,5 Ab	3,9 Ba	41,1 Aa	0,7 Bb	1,3 Bc	26,0 Ad
20	6,6 Bb	3,5 Ba	53,5 Aa	0,8 Bb	1,9 Bb	39,0 Ac
30	7,2 Aa	3,5 Ba	46,1 Aa	0,7 Bb	2,0 Bb	55,4 Ab
60	7,7 Ba	3,3 Ba	54,2 Aa	1,1 Ba	2,8 Ba	102,5 Aa
Anava						
Média	6,4	3,7	51,3	0,7	1,8	30,6
CV (%)	5,3	8,8	22,1	13,5	27,4	9,2
Tratamento	*	ns	*	*	*	*
Ano	*	*	ns	*	*	*
Tratamento*Ano	*	ns	ns	*	ns	*

Letras maiúsculas iguais na coluna não diferenciam os anos pelo teste de média de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas iguais na coluna não diferenciam os tratamentos dentro de cada ano pelo teste de média de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Legenda: M = tratamento somente com adubação mineral; 0, 10, 20, 30 e 60 = são respectivamente a aplicação de 0, 10, 20, 30 e 60 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico; Anava = análise de variância; CV = coeficiente de variação; Tratamento = fator tratamento; Ano = fator ano; Tratamento\*Ano = interação entre esses dois fatores; ns = não significativo; \* = interação significativa ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Tabela 4** – Interação entre os tratamentos (fertilização mineral e uso de doses de composto orgânico) em relação ao cultivo sucessivo de cebola no sistema plantio direto por três anos (2018, 2019 e 2020) para as propriedades do solo da camada 10 a 20 cm.

Tratamento	pH	MO	CTC	V	P	K
		%	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	%	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>
2018						
M	5,6 Bb	2,5 Ba	13,2 Ba	58,0 Ba	6,5 Bb	62,5 Ab
0	5,6 Bb	2,5 Ba	13,4 Ba	59,4 Ba	7,1 Ab	83,6 Ab
10	5,6 Bb	2,2 Ba	13,1 Ba	56,3 Ba	6,5 Ab	57,3 Ab
20	5,4 Bc	2,6 Ba	14,2 Ba	50,0 Ba	8,8 Aa	132,1 Aa
30	5,8 Ba	2,1 Ba	12,7 Ba	61,8 Ba	6,9 Bb	64,1 Bb
60	5,8 Ba	2,6 Ba	13,7 Ba	63,8 Ba	9,9 Ba	166,2 Ba
2019						
M	5,8 Aa	2,9 Aa	15,4 Aa	69,1 Aa	10,5 Ab	111,2 Ab
0	5,7 Aa	2,7 Aa	15,5 Aa	62,9 Aa	5,5 Ac	104,3 Ab
10	5,7 Aa	2,8 Aa	15,2 Aa	64,6 Aa	5,9 Ac	97,7 Ab
20	5,8 Aa	2,8 Aa	16,2 Aa	68,4 Aa	9,7 Ab	117,7 Ab
30	5,8 Aa	2,9 Aa	14,9 Aa	66,8 Aa	10,0 Ab	128,0 Ab
60	5,7 Aa	3,0 Aa	16,2 Aa	71,3 Aa	27,6 Aa	286,98 Aa
2020						
M	5,7 Aa	2,6 Ab	12,4 Bc	71,6 Aa	5,6 Bc	90,5 Ab
0	5,8 Aa	2,7 Ab	12,8 Bc	70,5 Aa	3,5 Bc	51,5 Ac
10	6,0 Aa	2,8 Ab	13,1 Bc	69,1 Aa	7,6 Ab	65,5 Ac
20	5,8 Aa	3,1 Aa	14,9 Ba	67,3 Aa	8,5 Ab	114,0 Ab
30	5,9 Aa	2,8 Ab	13,1 Bc	71,4 Aa	8,3 Bb	109,5 Ab
60	5,8 Aa	3,4 Aa	13,8 Bb	67,7 Aa	25,4 Aa	307,8 Aa
Anava						
Média	5,7	2,7	14,1	65,4	9,6	119,4
CV (%)	2,8	10,7	6,0	7,0	16,2	25,4
Tratamento	*	*	*	ns	*	*
Ano	*	*	*	*	*	*
Tratamento*Ano	ns	ns	ns	ns	*	*

Letras maiúsculas iguais na coluna não diferenciam os anos pelo teste de média de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas iguais na coluna não diferenciam os tratamentos dentro de cada ano pelo teste de média de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Legenda: MO = matéria orgânica; CTC = capacidade de troca de cátions; V = saturação por bases; M = tratamento somente com adubação mineral; 0, 10, 20, 30 e 60 = são respectivamente a aplicação de 0, 10, 20, 30 e 60 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico; Anava = análise de variância; CV = coeficiente de variação;

Tratamento = fator tratamento; Ano = fator ano; Tratamento\*Ano = interação entre esses dois fatores; ns = não significativo; \* = interação significativa ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Tabela 5** – Interação entre os tratamentos (fertilização mineral e uso de doses de composto orgânico) em relação ao cultivo sucessivo de cebola no sistema plantio direto por três anos (2018, 2019 e 2020) para os teores de macro e micronutrientes do solo da camada 10 a 20 cm.

Tratamento	Ca	Mg	S	B	Cu	Zn
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>
2018						
M	4,9 Ca	3,1 Ca	55,6 Aa	0,5 Aa	0,8 Ba	3,6 Ab
0	4,9 Ca	3,1 Ca	50,3 Aa	0,5 Ba	0,7 Ba	3,9 Ab
10	4,4 Ca	2,8 Ca	49,5 Aa	0,5 Ba	0,7 Ba	3,4 Ab
20	4,1 Ca	2,4 Ca	59,2 Aa	0,6 Ba	0,8 Ba	3,9 Ab
30	4,3 Ca	2,9 Ca	48,8 Aa	0,5 Ca	0,8 Ba	3,5 Bb
60	5,1 Ca	3,1 Ca	55,9 Aa	0,5 Ba	1,1 Ba	5,2 Ca
2019						
M	6,2 Aa	4,2 Aa	69,1 Aa	0,7 Aa	0,9 Ab	3,5 Ab
0	5,6 Aa	4,1 Aa	67,2 Aa	0,8 Aa	1,0 Ab	2,4 Bc
10	5,5 Aa	4,0 Aa	67,0 Aa	0,7 Aa	0,8 Ab	2,5 Bc
20	6,1 Aa	4,0 Aa	68,4 Aa	0,7 Aa	0,8 Ab	3,4 Ab
30	5,6 Aa	4,0 Aa	66,8 Aa	0,7 Ba	1,0 Ab	3,6 Bb
60	6,5 Aa	4,3 Aa	71,3 Aa	0,7 Aa	1,5 Aa	8,4 Ba
2020						
M	5,4 Ba	3,3 Ba	52,0 Aa	0,5 Aa	0,3 Ca	2,4 Bd
0	4,9 Ba	3,2 Ba	54,9 Aa	0,5 Ba	0,4 Ca	2,3 Bd
10	5,4 Ba	3,5 Ba	37,6 Aa	0,4 Ba	0,4 Ca	3,6 Ac
20	5,6 Ba	3,2 Ba	54,0 Aa	0,6 Ba	0,5 Ca	4,3 Ac
30	5,8 Ba	3,5 Ba	44,8 Aa	1,0 Aa	0,5 Ca	5,4 Ab
60	5,6 Ba	2,9 Ba	49,2 Aa	0,6 Aa	0,8 Ca	10,4 Aa
Anava						
Média	5,3	3,4	49,6	0,64	0,8	4,2
CV (%)	14,2	13,1	27,0	17,2	27,4	14,9
Tratamento	ns	ns	ns	ns	*	*
Ano	*	*	ns	*	*	*
Tratamento*Ano	ns	ns	ns	*	ns	*

Letras maiúsculas iguais na coluna não diferenciam os anos pelo teste de média de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas iguais na coluna não diferenciam os tratamentos dentro de cada ano pelo teste de média de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Legenda: M = tratamento somente com adubação mineral; 0, 10, 20, 30 e 60 = são respectivamente a aplicação de 0, 10, 20, 30 e 60 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico; Anava = análise de variância; CV = coeficiente de variação; Tratamento = fator tratamento; Ano = fator ano; Tratamento\*Ano = interação entre esses dois fatores; ns = não significativo; \* = interação significativa ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Elaborada pelos autores.



### 3.3. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE O RENDIMENTO DOS ANOS DE 2018 E DE 2020 COM OS ATRIBUTOS DA FERTILIDADE DO SOLO DA CAMADA DE 0 A 10 E 10 A 20 CM

A análise de correlação de Pearson entre os rendimentos da cebola comercial dos anos de 2018 e de 2020 e os atributos da fertilidade do solo das camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm estão apresentadas na Tabela 6. Os dados de rendimentos e dos atributos da fertilidade do solo do ano de 2019 não foram considerados na análise devido ao granizo ter homogeneizado o efeito dos tratamentos. De acordo com a correlação de Pearson a CTC e os teores de MO, Ca, B e Zn na camada de 0 a 10 cm correlacionaram positivamente com o rendimento da cebola. Na camada de 10 a 20 cm somente o B correlacionou positivamente com o rendimento da cebola.

**Tabela 6** – Correlação de Pearson dos dados de rendimento da cebola comercial dos anos de 2018 e de 2020 com os dados dos atributos da fertilidade do solo das camadas 0 a 10 e 10 a 20 cm.

Rend	pH	MO	CTC	V	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Zn
----- 0 a 10 cm -----												
r	0,05	0,47*	0,30*	0,27	0,28	0,19	0,33*	0,08	-0,17	0,41*	0,08	0,35*
p	0,73	0,0008	0,03	0,05	0,05	0,19	0,02	0,56	0,22	0,004	0,54	0,01
----- 10 a 20 cm -----												
r	0,24	0,28	-0,06	0,23	0,20	0,18	0,13	0,09	-0,14	0,32*	-0,27	0,19
p	0,08	0,05	0,63	0,11	0,16	0,21	0,35	0,52	0,33	0,02	0,06	0,17

Rend = rendimento da cebola comercial. r = coeficiente de correlação. p = valor de p que quando é menor que 0,05 apresentam coeficiente de correlação positiva ou negativa. MO = matéria orgânica;  
CTC = capacidade de troca de cátion. V = saturação por bases. Os valores com \* significam que os atributos correlacionaram positivamente com a variável rendimento.

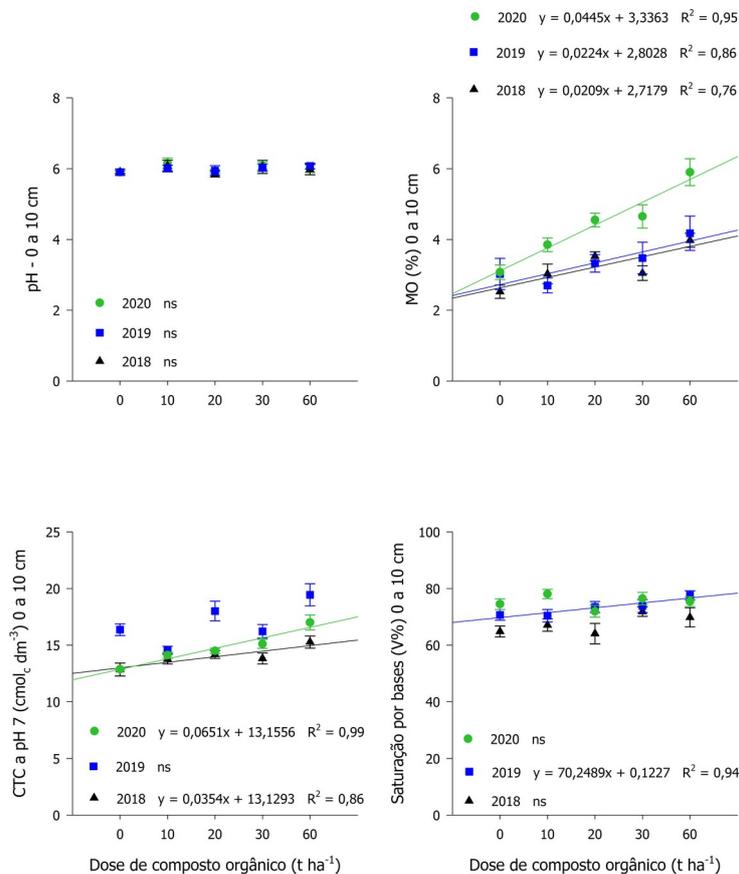
Fonte: Elaborada pelos autores.

### 3.4. ANÁLISE DE REGRESSÃO PARA OS ATRIBUTOS DA FERTILIDADE DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DOSES DE COMPOSTO ORGÂNICO

As curvas ajustadas para pH, MO, CTC e V% na camada de 0 a 10 cm está representada na Figura 4. Não foi possível ajustar curvas para nenhum dos três anos para o pH. Em relação a MO todos os anos teve resposta linear em função da aplicação das doses de composto orgânico e com o decorrer dos anos foi possível observar aumento no teor de MO. Com relação a CTC somente não houve ajuste de curva para o ano de 2019. E para V% só houve ajuste linear no ano de 2019. Na Figura 5 estão representadas as curvas ajustadas para os macronutrientes P, K, S, Ca e Mg na camada de 0 a 10 cm após a colheita da cebola nos anos de 2018, 2019 e 2020. Para o P, houve variação nos ajustes, sendo não significativo para o ano de 2018, no entanto, para 2019 o modelo quadrático foi ajustado e em 2020, o modelo cúbico. Em relação ao K, equações lineares foram ajustadas para os três anos avaliados. Para o S também foram ajustadas equações lineares exceto para o ano de 2020. Por outro lado, para o Ca também foram ajustadas equações lineares, mas a exceção foi para o ano de 2019. O Mg foi o único macronutriente em que nenhuma curva foi ajustada para os três anos de avaliação.



**Figura 4** – Curvas de regressão ajustadas para o pH, MO, CTC e V% na camada de 0 a 10 cm após a colheita da cebola em sistema de plantio direto nos anos de 2018, 2019 e 2020 em função das doses de composto orgânico (0, 10, 20, 30 e 60 t ha<sup>-1</sup>) aplicadas.



Legenda: ns = não significativo; MO = matéria orgânica; CTC = capacidade de troca de cátions.

Fonte: Elaborado pelos autores.

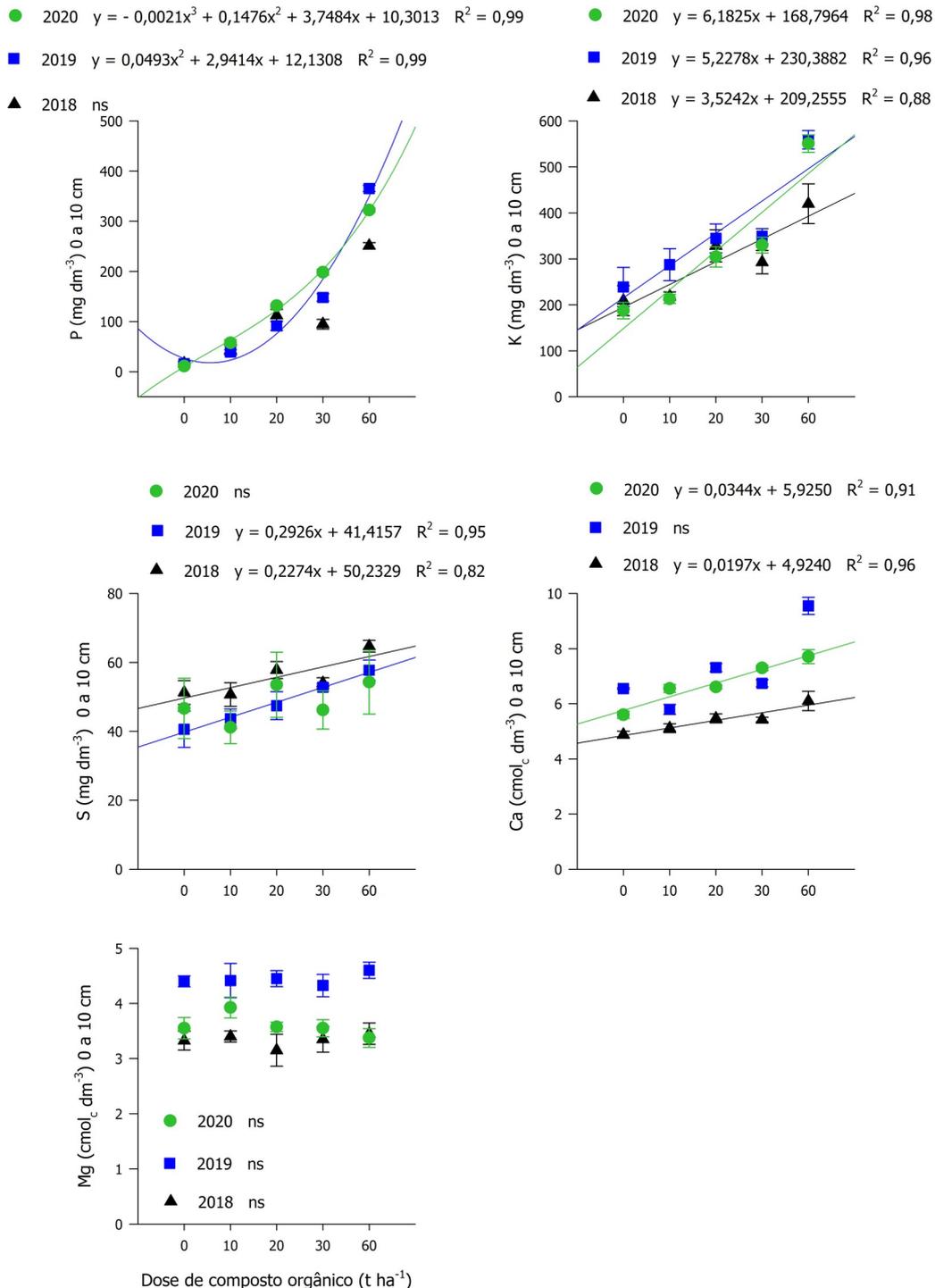
As equações que representam o comportamento dos micronutrientes na camada de 0 a 10 cm em função da aplicação de doses de composto orgânico estão representadas na Figura 6. Para o B houve ajuste de curva somente para o ano de 2018 e foi um modelo quadrático. O Cu apresentou aumento linear dos teores em função das doses para os anos de 2019 e 2020, mas não foi possível ajustar curva para o ano de 2018. O Zn foi o único nutriente que apresentou aumento exponencial nos dois primeiros anos após aplicação de doses de composto orgânico. No terceiro ano (2020) o Zn passou a apresentar aumento linear em função das doses de composto orgânico aplicadas.

A camada de 10 a 20 cm após a colheita da cebola também foi avaliada para os atributos da fertilidade do solo. De modo geral, ocorreu menor número de ajustes de curvas na camada de 10 a 20 cm em relação a camada superficial de 0 a 10 cm. Na Figura 7 somente a MO teve ajuste de curva que foi linear, mas somente para o ano de 2020. Não houve ajustes de curvas para pH, CTC e V% em nenhum dos três anos na camada de 10 a 20 cm. Em relação aos macronutrientes (Figura 8) somente o Mg não apresentou ajuste de curva para nenhum ano, sendo que para os demais macronutrientes ao menos em um dos anos avaliados teve uma curva ajustada. O P não apresentou ajuste de curva em 2018, mas apresentou comportamento quadrático em 2019 e cúbico em 2020. Em 2018, o K também não teve curva ajustada, mas apresentou comportamento



quadrático para os anos de 2019 e 2020. O S somente apresentou ajuste linear no ano de 2019, no entanto, para 2018 e 2020 não foi possível ajustar curvas para explicar o comportamento deste nutriente na camada de 10 a 20 cm após aplicação de doses de composto orgânico. E o Ca somente apresentou ajuste para o ano de 2018 e foi um modelo quadrático.

**Figura 5** – Curvas de regressão ajustadas para os macronutrientes P, K, S, Ca e Mg na camada de 0 a 10 cm após a colheita da cebola em sistema de plantio direto nos anos de 2018, 2019 e 2020 em função das doses de composto orgânico (0, 10, 20, 30 e 60 t ha<sup>-1</sup>) aplicadas.

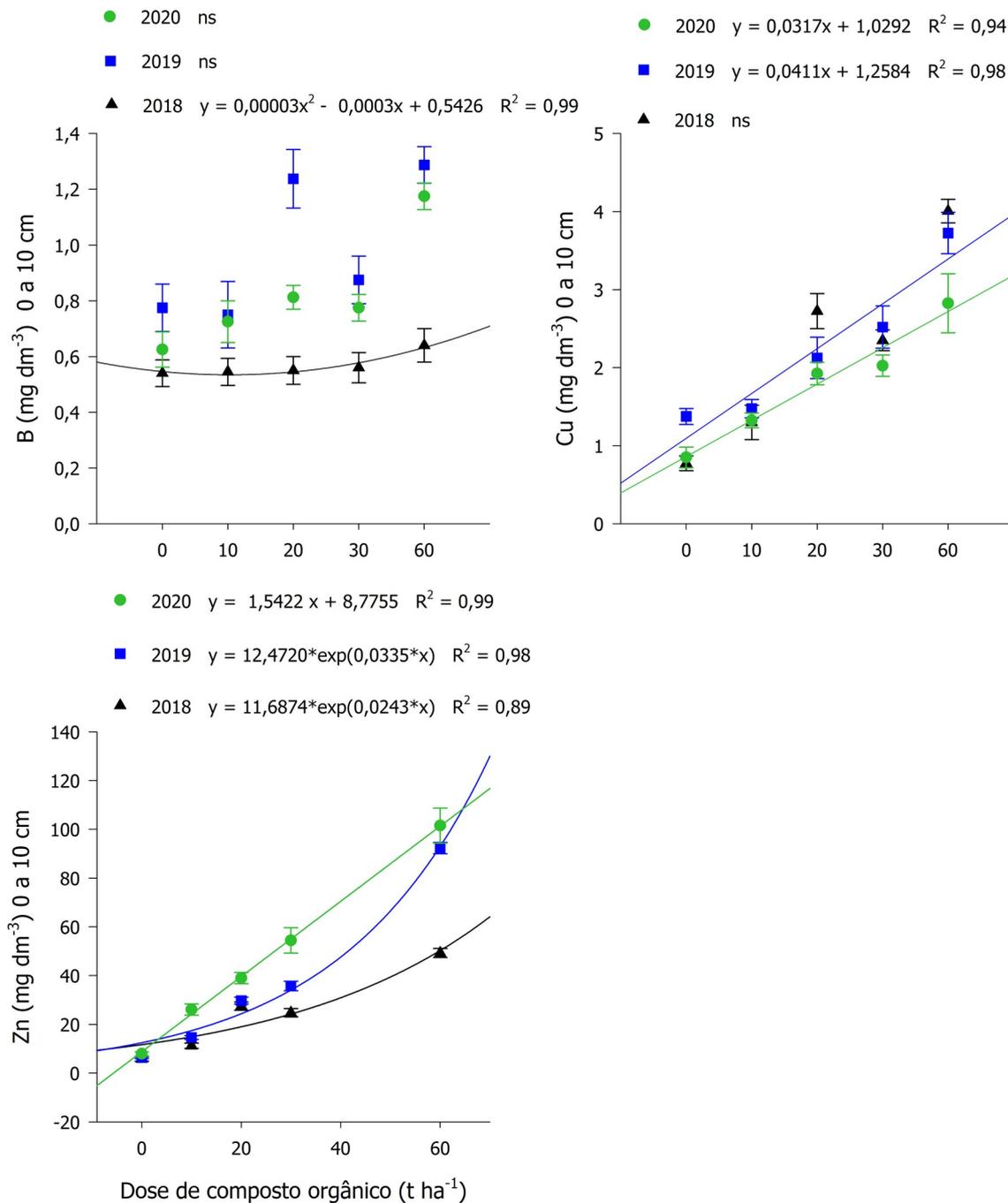


Legenda: ns = não significativo. Fonte: Elaborado pelos autores.



Em relação aos micronutrientes (Figura 9) somente o B não apresentou ajuste de curvas para os anos avaliados. O Cu apresentou curvas lineares para os três anos e Zn apresentou curvas quadráticas para os anos de 2018 e 2019 e resposta linear na camada de 10 a 20 cm avaliada para o ano de 2020.

**Figura 6** – Curvas de regressão ajustadas para os micronutrientes B, Cu e Zn na camada de 0 a 10 cm após a colheita da cebola em sistema de plantio direto nos anos de 2018, 2019 e 2020 em função das doses de composto orgânico (0, 10, 20, 30 e 60 t ha<sup>-1</sup>) aplicadas.

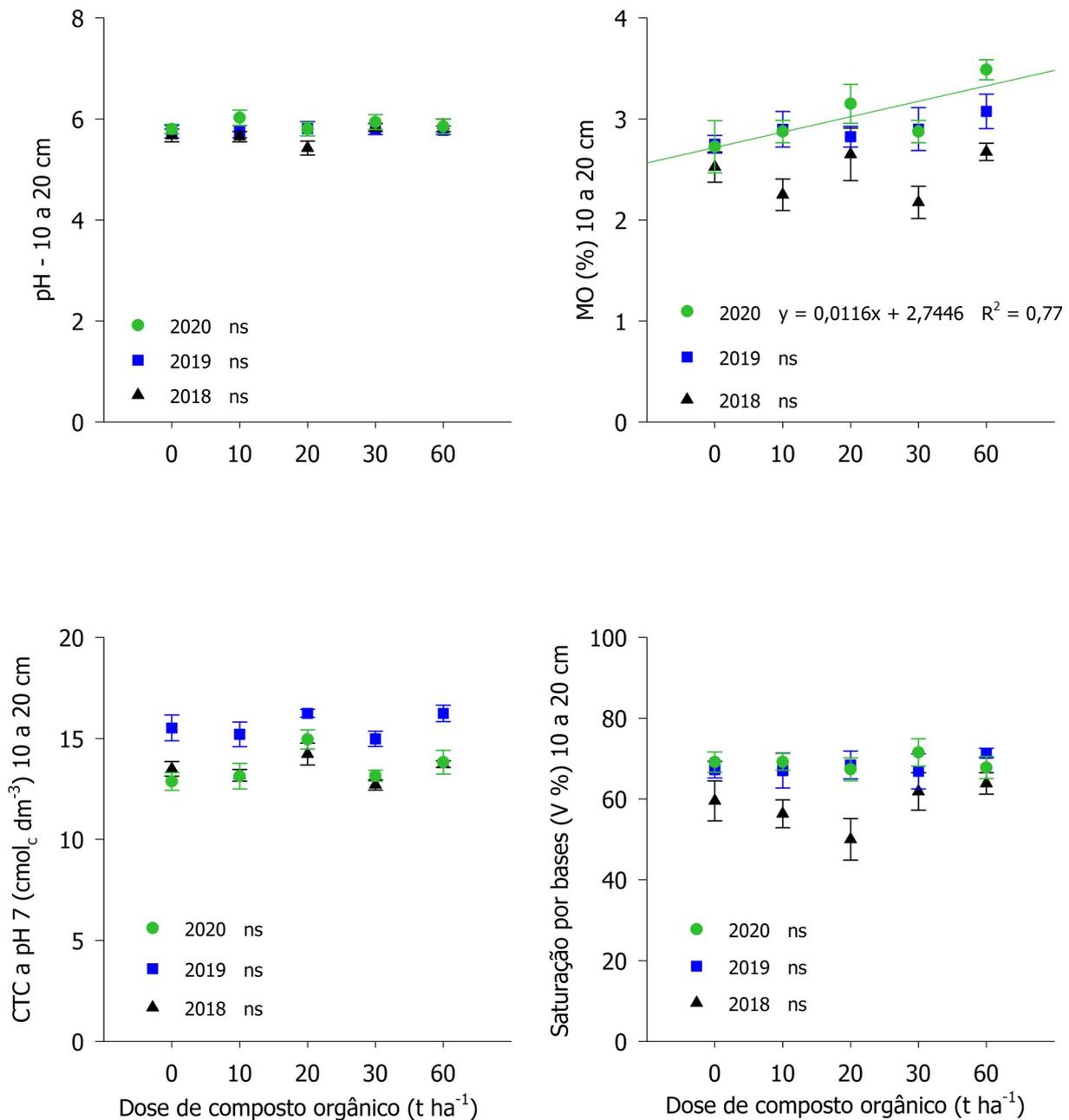


Legenda: ns = não significativo.

Fonte: Elaborado pelos autores.



**Figura 7** – Curvas de regressão ajustadas para o pH, MO, CTC e V% na camada de 10 a 20 cm após a colheita da cebola em sistema de plantio direto nos anos de 2018, 2019 e 2020 em função das doses de composto orgânico (0, 10, 20, 30 e 60 t ha<sup>-1</sup>) aplicadas.



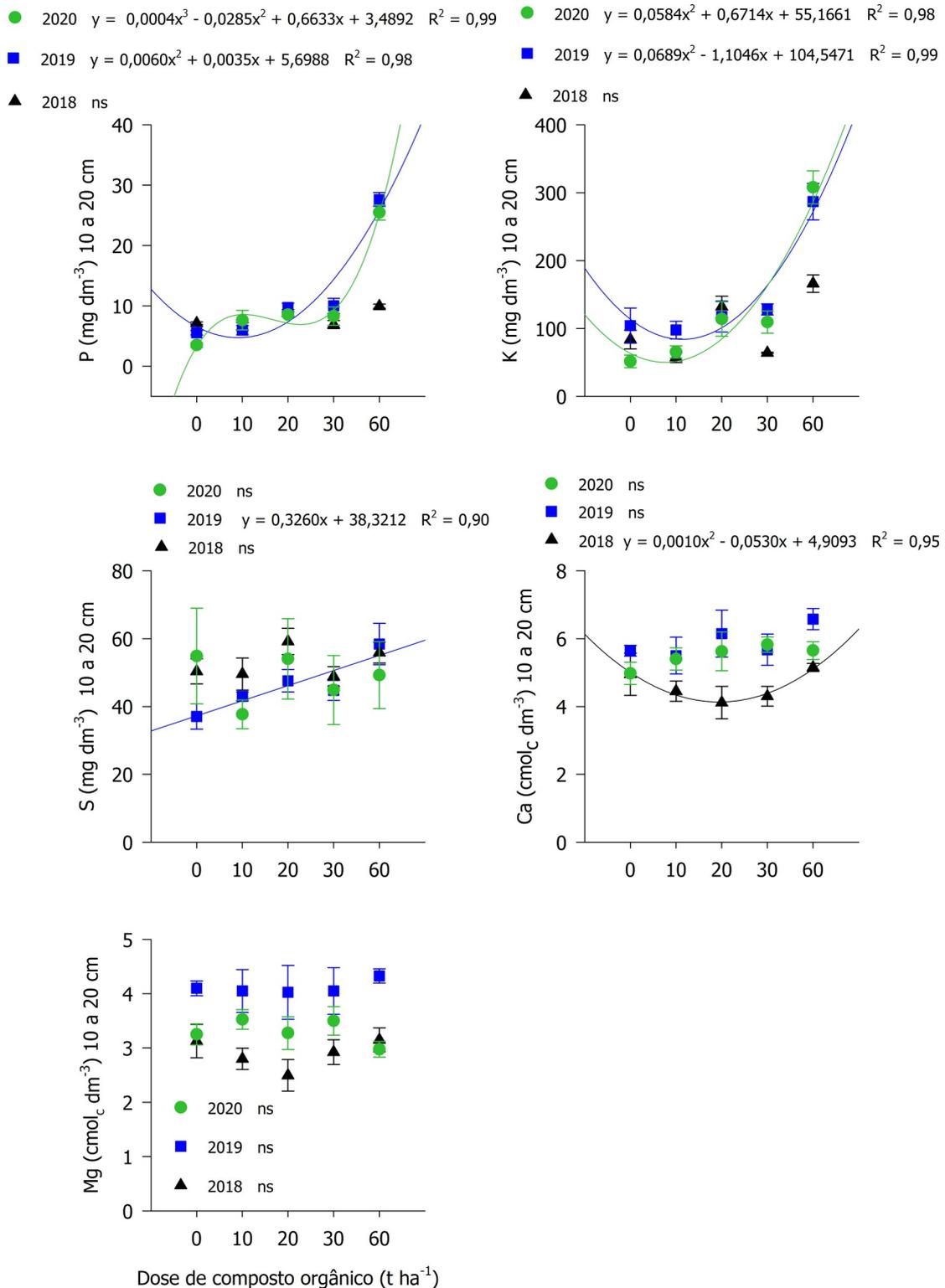
Legenda:

ns = não significativo;  
 MO = matéria orgânica;  
 CTC = capacidade de troca de cátions.

Fonte: Elaborado pelos autores.



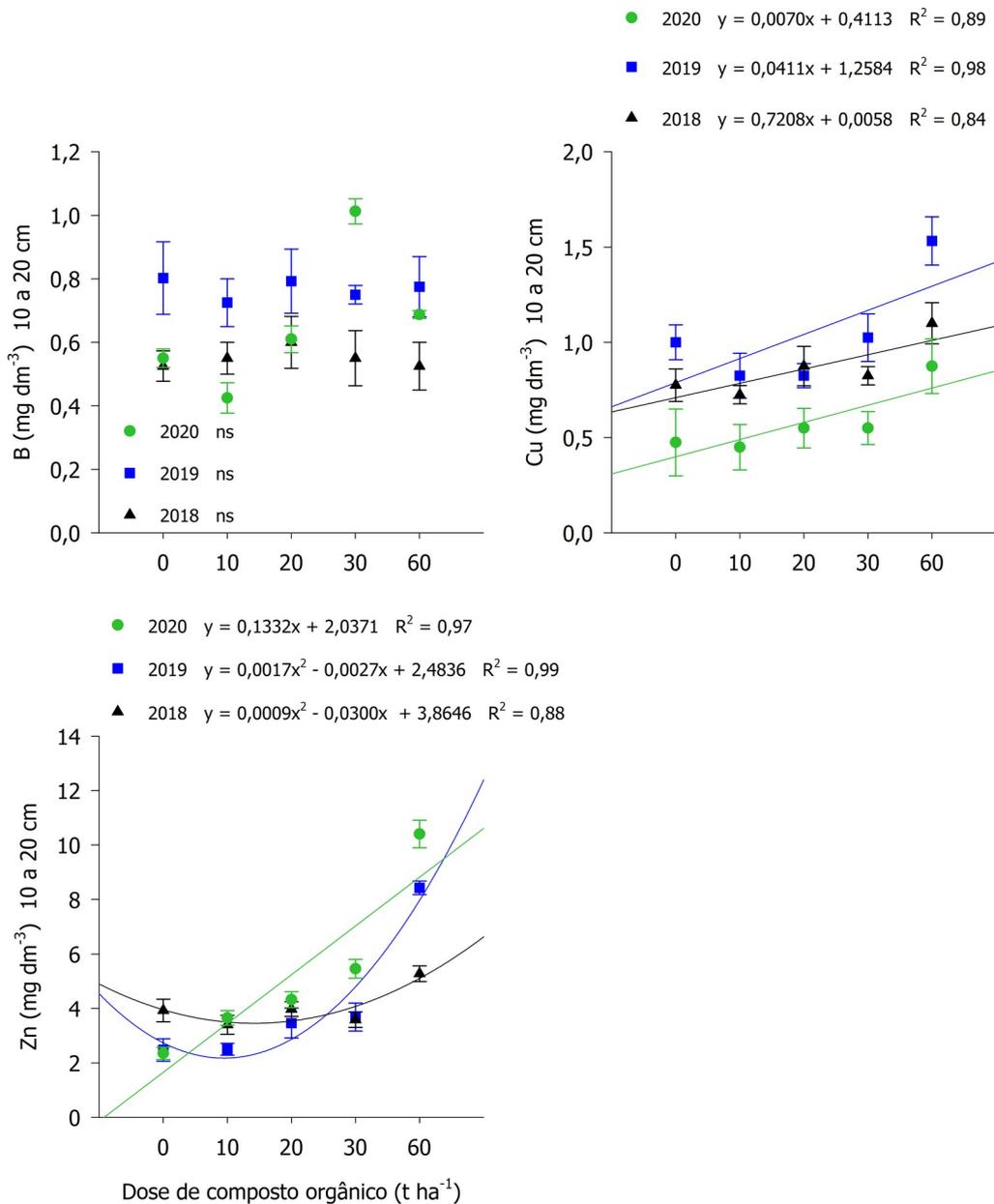
**Figura 8** – Curvas de regressão ajustadas para os macronutrientes P, K, S, Ca e Mg na camada de 10 a 20 cm após a colheita da cebola em sistema de plantio direto nos anos de 2018, 2019 e 2020 em função das doses de composto orgânico (0, 10, 20, 30 e 60 t ha<sup>-1</sup>) aplicadas.



Legenda: ns = não significativo. Fonte: Elaborado pelos autores.



**Figura 9** – Curvas de regressão ajustadas para os micronutrientes B, Cu e Zn na camada de 10 a 20 cm após a colheita da cebola em sistema de plantio direto nos anos de 2018, 2019 e 2020 em função das doses de composto orgânico (0, 10, 20, 30 e 60 t ha<sup>-1</sup>) aplicadas.



Legenda: ns = não significativo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. RENDIMENTO DA CEBOLA

A partir da dose de 10 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico o rendimento de cebola foi estatisticamente semelhante ao rendimento obtido com adubação exclusiva com fertilizantes minerais (Figura 2). Os rendimentos de bulbos comerciais de cebola são similares independentemente se os fertilizantes



são minerais ou orgânicos e quando são recomendados de acordo com a análise de solo. (GONÇALVES; SILVA, 2004). Lee (2010) também não encontrou diferença entre rendimentos de cebola submetida a fertilização mineral ou a fertilização orgânica sobre a palhada. Corozo Quiñonez *et al.* (2020) também verificaram rendimentos de bulbos de cebola híbrida estatisticamente semelhantes quando avaliaram três fertilizantes orgânicos e três fertilizantes minerais. Por essa razão, na cultura da cebola os fertilizantes minerais podem ser substituídos por fertilizantes orgânicos devido a obtenção de rendimentos similares. (GONÇALVES; SILVA, 2003). No entanto, o rendimento comercial do repolho tende a ser maior com a adubação orgânica em relação a adubação mineral com o passar dos anos. (SOUZA; GUIMARÃES, 2013). De acordo com a Figura 3, no ano de 2018 a dose de 37,3 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico conferiu o rendimento máximo de 48,0 t ha<sup>-1</sup> de bulbos comerciais de cebola. Por sua vez em 2020, a dose de 40,1 t ha<sup>-1</sup> conferiu o rendimento máximo de 50,7 t ha<sup>-1</sup> de cebola. Deste modo, a aplicação anual de doses de composto orgânico aumentou a capacidade produtiva da cebola no sistema de plantio direto em uma população de 312.500 plantas por hectare, provavelmente pelo aumento na fertilidade do solo. Similarmente, no cultivo de chicória com doses de composto orgânico a produção de matéria fresca foi maior na área com alta fertilidade do solo em comparação a área de baixa fertilidade (LANNA *et al.*, 2017). Em cultivo orgânico da cultivar de cebola CNPH 6400 a aplicação da dose de 43,4 t ha<sup>-1</sup> de composto à base de dejetos de suínos proporcionou o rendimento máximo de 60,3 t ha<sup>-1</sup> de bulbos comerciais em uma população de 400.000 plantas por hectare. (VIDIGAL *et al.*, 2010). Yoldas *et al.* (2011) avaliaram as doses de 0, 20, 40 e 60 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino no cultivo de cebola em comparação ao fertilizante mineral por dois anos. No primeiro ano os autores não encontraram diferença estatística entre os tratamentos, no entanto, no segundo ano a dose de 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino foi o tratamento que se destacou em relação aos demais e apresentou rendimento de 27,8 t ha<sup>-1</sup>. Lee (2012) avaliou as doses de 0, 20, 40, 60 e 80 t ha<sup>-1</sup> de composto de esterco bovino associado a aplicação de um terço da recomendação mineral de N, P e K no cultivo de cebola. Este autor verificou que a dose de 40 t ha<sup>-1</sup> de composto de esterco bovino conferiu o rendimento máximo de 62,7 t ha<sup>-1</sup> de bulbos comerciais de cebola. Falodun e Egharevba (2018) avaliaram as doses de 0, 5, 10 e 15 t ha<sup>-1</sup> de esterco de aves no cultivo de cebola por dois anos. Estes autores verificaram que nos dois anos as doses de 10 e 15 t ha<sup>-1</sup> de esterco de aves foram estatisticamente semelhantes no rendimento da cebola e superiores aos demais tratamentos e os rendimentos variaram nos dois anos de 13,0 a 15,3 t ha<sup>-1</sup>.

#### 4.2. FERTILIDADE DO SOLO

De maneira geral a aplicação das doses de composto orgânico teve maior influência nos atributos da fertilidade do solo já no primeiro ano de cultivo de cebola em ambas camadas avaliadas em relação ao tratamento que utilizou somente fertilizantes minerais (Tabelas 2, 3, 4 e 5). Como ocorreu neste estudo, o uso de esterco de aves granulado no cultivo de cebola também resultou em maior efeito na fertilidade do solo quando comparado com tratamento que utilizou somente fertilizantes minerais. (HIGASHIKAWA; MENEZES JÚNIOR, 2017). A aplicação superficial do composto orgânico resultou em maiores teores de nutrientes e de maiores valores para outros atributos (pH, MO, CTC e V%) na camada de 0 a 10 (Tabela 2) em relação a camada de 10 a 20 cm (Tabela 4). No sistema de plantio direto os resíduos das plantas são mantidos na superfície. Além disso, há aplicações superficiais de corretivos e fertilizantes que resultam na formação de um gradiente de concentração no perfil, diferindo a fertilidade do solo entre as camadas de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, principalmente em relação a P, K, pH e MO. (CIOTTA *et al.*, 2002). Scherer e Nesi



(2009), também observaram maiores teores de P, K, Ca, Mg, Zn e Cu na camada de 0 a 10 cm com aplicação superficial de esterco de aves ou de esterco de suínos em cultivo de milho em sistema de plantio direto em comparação ao sistema de plantio convencional. Os autores também observaram aumento da disponibilidade dos nutrientes na camada de 10 a 20 cm devido a mobilidade desses elementos no perfil do solo. Outro fator que deve ter contribuído para aumentar os teores de nutrientes na camada de 10 a 20 cm pode ser a presença de plantas de cobertura que pode ter contribuído com maior disponibilidade e ciclagem desses nutrientes. (CFSEMG, 1999). Souza *et al.* (2016), observaram aumento dos teores de P, K, Na e Zn na camada de 0 a 20 cm com aplicação de 24 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico obtido de resíduos de abatedouro de caprinos e ovinos em relação a adubação mineral no segundo cultivo de milho. O aumento do P disponível (Figuras 5 e 8) com a aplicação do composto orgânico provavelmente não se deve apenas ao teor de P neste resíduo orgânico, mas também pela redução dos sítios de adsorção de P no solo proporcionado pelos ácidos orgânicos. (NOVAIS *et al.*, 2007; PENHA *et al.*, 2015). Neste estudo, a CTC e os teores de MO, Ca, B e Zn da camada de 0 a 10 cm e o teor de B na camada de 10 a 20 cm correlacionaram positivamente com o rendimento da cebola (Tabela 6). Comparado ao Ca e ao Mg (Tabela 5), o K apresentou aumento nos teores na camada de 10 a 20 cm (Tabela 4). Isso pode ter ocorrido devido a menor força de adsorção do K na superfície dos colóides do solo em comparação ao Ca e ao Mg. (FURTINI NETO *et al.*, 2001). Fósforo e zinco são elementos que podem acumular devido a aplicação de esterco e outros resíduos orgânicos. (WESTERMAN; BICUDO, 2005). Em relação ao P, a disponibilidade do P no solo após aplicação de esterco compostado é um pouco menor em relação ao esterco puro, devido as reações químicas que ocorrem durante o processo de compostagem. (EGHBALL *et al.*, 2002). Entretanto, além do P e do Zn, também verificamos o acúmulo de K (Figuras 5 e 8) e do Cu (Figuras 6 e 9). Esse acúmulo de nutrientes no solo em função da aplicação de resíduo orgânico pode proporcionar efeito residual para o cultivo de culturas subsequentes. Barbosa *et al.* (2007), verificaram resultados positivos na produtividade de milho safrinha plantado para avaliar o efeito residual de lodo de esgoto, que foi aplicado em dois cultivos anteriores de inverno e de verão, respectivamente com o plantio de aveia e de milho.

As práticas agrícolas utilizadas na maioria das propriedades produtoras de hortaliças favorecem a degradação do solo pelo revolvimento excessivo e pela ausência de cobertura do solo o que conseqüentemente reduz os teores de matéria orgânica do solo. (VALARINI *et al.*, 2011). Nesse sentido, no nosso estudo houve aumento do teor de matéria orgânica (Figura 4) devido a movimentação do solo apenas na linha do plantio da cebola e pelo uso de plantas de cobertura e de composto orgânico. Esse aumento no teor de matéria orgânica ocorreu também na camada de 10 a 20 cm no ano de 2020 (Figura 7). Souza e Guimarães (2013), também verificaram aumento linear do teor de matéria orgânica em solo onde foi aplicado 15 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico associado com adubação mineral ao longo de oito anos de cultivo rotacionado de várias hortaliças. O teor de matéria orgânica no solo é o equilíbrio entre as taxas de adição e de perdas de carbono. (BRADY; WEIL, 2013; FURTINI NETO *et al.*, 2001; SILVA *et al.*, 2012). Nesse sentido, provavelmente em nosso estudo o manejo com utilização de plantas de cobertura associado ao uso de composto orgânico provavelmente conferiu maior adição de carbono ao solo do que perdas. Dessa forma, esse manejo resultou no aumento do teor de matéria orgânica no solo. Além disso, o uso de diversas plantas de cobertura é um meio de melhorar a qualidade do solo. (SANTOS *et al.*, 2018). A pesquisa deveria focar no uso integrado de fontes de nutrientes de origem orgânica, inorgânica e biofertilizantes para alcançar maiores produtividades e também para



melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. (KHOKHAR, 2019). Estudos futuros podem ser conduzidos para avaliar o efeito residual no rendimento e na nutrição da cebola como também avaliar o efeito na fertilidade do solo para determinar a reaplicação de composto orgânico.

## 5. CONCLUSÕES

A partir da dose de 10 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico o rendimento da cebola é similar ao uso exclusivo de fertilizante mineral.

O uso exclusivo de composto orgânico pode substituir os fertilizantes minerais no cultivo de cebola em sistema de plantio direto na palha.

A aplicação de doses de composto orgânico resultou em aumento da CTC e dos teores de MO, P, K, Cu e Zn, principalmente na camada de 0 a 10 cm do solo.

O rendimento da cebola cultivado no sistema de plantio direto foi correlacionado positivamente com a CTC e os teores de MO, Ca, B e Zn.

## 6. AGRADECIMENTOS

A toda a equipe da Estação Experimental de Ituporanga pelo empenho diário na execução de suas atividades.

## 7. REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711–728, 2013.

ANDA. **Principais indicadores do setor de fertilizantes**. São Paulo: 2020. Disponível em: [https://anda.org.br/wp-content/uploads/2021/04/Principais\\_Indicadores\\_2020.pdf](https://anda.org.br/wp-content/uploads/2021/04/Principais_Indicadores_2020.pdf). Acesso em: 10 abr. 2021.

BARBOSA, G. M. C. *et al.* Efeito residual do lodo de esgoto na produtividade do milho safrinha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.3, p.601–605, 2007.

BERNAL, M. P. *et al.* Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.69, n.3, p.175–189, 1998a.

BERNAL, M. P. *et al.* Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. **Bioresource Technology**, v.63, n.1, p.91-99, 1998b.

BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource Technology**, v.100, n.22, p.5444-5453, 2009.

BERTOL, I. *et al.* Propriedades físicas de um cambissolo húmico álico afetadas pelo manejo do solo. **Ciência Rural**, v.30, n.1, p.91-95, 2000.



BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRASIL. **Decreto nº 10.605, de 22 de janeiro de 2021**. Institui o Grupo de Trabalho Interministerial com a finalidade de desenvolver o Plano Nacional de Fertilizantes. Brasília: Poder Executivo, 2021. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=25/01/2021&jornal=515&pagina=1>. Acesso em: 15 mai. 2021.

CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG, 1999.

CIOTTA, M. N. *et al.* Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.4, p.1055-1064, 2002.

COMIN, J. J. *et al.* Carbon and nitrogen contents and aggregation index of soil cultivated with onion for seven years using crop successions and rotations. **Soil and Tillage Research**, v.184, p.195-202, 2018.

COROZO QUIÑONEZ, L. *et al.* Effect of organic and chemical fertilization on the onion crop (*Allium cepa* L.). **Journal of Central European Agriculture**, v.21, n.3, p.522-530, 2020.

CQFS-RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2016.

DIAS, B. O. *et al.* Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: Effect on organic matter degradation and humification. **Bioresource Technology**, v.101, n.4, p.1239-1246, 2010.

EGHBALL, B. *et al.* Mineralization of manure nutrients. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.57, n.6, p.470-473, 2002.

EPAGRI. **Sistema de produção para a cebola: Santa Catarina**. 4. ed. Florianópolis: Gerência de Marketing e Comunicação/Epagri, 2013.

FALODUN, E. J.; EGHAREVBA, R. Influence of Poultry Manure Rates and Spacing on Growth, Yield, Nutrient Concentration, Uptake and Proximate Composition of Onion (*Allium cepa* L.). **Notulae Scientia Biologicae**, v.10, n.1, p.117, 2018.

FURTINI NETO, A. E. *et al.* **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.

GONÇALVES, P. A. S.; SILVA, C. R. S. Adubação mineral e orgânica e a densidade populacional de *Thrips tabaci* Lind. (Thysanoptera: Thripidae) em cebola. **Ciência Rural**, v.34, n.4, p.1255-1257, 2004.

GONÇALVES, P. A. S.; SILVA, C. R. S. e. Impacto da adubação orgânica sobre a incidência de tripses em cebola. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.3, p.459-463, 2003.

HIGASHIKAWA, F. S.; KURTZ, C. Manejo do solo, correção e adubação. In: MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; MARCUZZO, L. L. (Org.). **Manual de boas práticas agrícolas: guia para a sustentabilidade das lavouras de cebola do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Departamento Estadual de Marketing e Comunicação/Epagri, 2016. p.49-60.



HIGASHIKAWA, F. S.; MENEZES JÚNIOR, F. O. G. de. Adubação mineral, orgânica e organomineral: efeitos na nutrição, produtividade, pós-colheita da cebola e na fertilidade do solo. **Scientia Agraria**, v.18, n.2, p.1–10, 2017.

IBGE. **Produção Agrícola - Lavoura Temporária**. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/pesquisa/14/0?indicador=10252&localidade1=0>. Acesso em: 8 jun. 2021

KHOKHAR, K. M. Mineral nutrient management for onion bulb crops: a review. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.94, n.6, p.703-717, 2019.

LANNA, N. B. *et al.* Doses of organic compost on yield and accumulation of macronutrients on endive. **Horticultura Brasileira**, v.35, n.4, p.621-627, 2017.

LEE, J. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. **Scientia Horticulturae**, v.124, n.3, p.299-305, 2010.

LEE, J. Evaluation of Composted Cattle Manure Rate on Bulb Onion Grown with Reduced Rates of Chemical Fertilizer. **HortTechnology**, v.22, n.6, p.798-803, 2012.

MENEZES JÚNIOR, F. O.; GONÇALVES, P. A.; VIEIRA NETO, J. Produtividade da cebola em cultivo mínimo no sistema convencional e orgânico com biofertilizantes. **Horticultura Brasileira**, v.32, n.4, p.475-481, 2014.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (Org.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-550.

OLIVEIRA, R. A. *et al.* Cover Crops Effects on Soil Chemical Properties and Onion Yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, p.1-17, 2016.

PENHA, H. G. V. *et al.* Nutrient accumulation and availability and crop yields following long-term application of pig slurry in a Brazilian Cerrado soil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.101, n.2, p.259-269, 2015.

PIRES, A. M. M.; MATTIAZZO, M. E. **Avaliação da Viabilidade do Uso de Resíduos na Agricultura 19**. 2008. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/15550>. Acesso em: 26 jun. 2019.

PROVENZANO, M. R. *et al.* Assessment of Maturity Degree of Composts from Domestic Solid Wastes by Fluorescence and Fourier Transform Infrared Spectroscopies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, n.12, p.5874-5879, 2001.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Versão 3.6.3. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2020. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 01 mai. 2021.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013.

SANTOS, L. H. *et al.* Carbon and nitrogen content in granulometric fractions of organic matter in soil aggregates under no-tillage and conventional tillage planting systems for onions. **Idesia (Arica)**, v.36, n.4, p.7-15, 2018.



- SANTOS, L. H. *et al.* Efecto del contenido de Carbono en sustancias húmicas en suelo en un cultivo de cebolla. **Idesia (Arica)**, v.36, n.1, p.15-25, 2018a.
- SCHERER, E. E.; NESI, C. N. Características químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. **Bragantia**, v.68, n.3, p.715-721, 2009.
- SENEZI, N. Composted materials as organic fertilizers. **Science of The Total Environment**, v.81-82, p.521-542, 1989.
- SHARMA, V. *et al.* Processing of urban and agro-industrial residues by aerobic composting: Review. **Energy Conversion and Management**, v.38, n.5, p.453-478, 1997.
- SILVA, F. R. *et al.* Physical properties of a hapludox after three decades under different soil management systems. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v.40, 2016.
- SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O.; CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. (org.). **Fundamentos de Química do Solo**. 5. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2012. p.61-86.
- SOUZA, H. A. *et al.* Use of organic compost containing waste from small ruminants in corn production. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, n.0, 2016.
- SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P. Estoque de carbono e fertilidade do solo em sistemas de adubação orgânica e mineral de hortaliças, em oito anos de rotação. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, n.2, p.9-18, 2013.
- TEDESCO, M. J. *et al.* **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995.
- VALARINI, P. J. *et al.* Qualidade do solo em sistemas de produção de hortaliças orgânico e convencional. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.4, p.485-491, 2011.
- VIDIGAL, S. M. *et al.* Produtividade de cebola em cultivo orgânico utilizando composto à base de dejetos de suínos. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.2, p.168-173, 2010.
- WESTERMAN, P. W.; BICUDO, J. R. Management considerations for organic waste use in agriculture. **Bioresource Technology**, v.96, n.2, p.215-221, 2005.
- YOLDAS, F. *et al.* Effect of organic and inorganic fertilizers on yield and mineral content of onion (*Allium cepa* L.). **African Journal of Biotechnology**, v.10, n.55, p.11488-11492, 2011.
- ZHANG, Y.; HE, Y. Co-composting solid swine manure with pine sawdust as organic substrate. **Bioresource Technology**, v.97, n.16, p.2024-2031, 2006.

Submetido em: **09/07/2021**

Aceito em: **11/02/2022**