



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM AGRONOMIA: FITOTECNIA

JOSÉ NOVO JÚNIOR

**VIABILIDADE AGROECONÔMICA DA CEBOLA, ATRIBUTOS QUÍMICOS E
MICROBIOLÓGICOS DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE
BIOFERTILIZANTES**

MOSSORÓ-RN

2019

JOSÉ NOVO JÚNIOR

**VIABILIDADE AGROECONÔMICA DA CEBOLA, ATRIBUTOS QUÍMICOS E
MICROBIOLÓGICOS DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE
BIOFERTILIZANTES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Orientadora: Prof^a. D.Sc. Jailma Suerda Silva de Lima

MOSSORÓ-RN

2019

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)

N937v Novo Júnior, José.
VIABILIDADE AGROECONÔMICA DA CEBOLA, ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE BIOFERTILIZANTES / José Novo Júnior.
- 2019.
98 f. : il.

Orientadora: Prof^a. Dra. Jailma Suerda Silva de Lima.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2019.

1. Allium cepa L. 2. Húmus de minhoca. 3. Produção. 4. Matéria orgânica. I. Lima, Prof^a. Dra. Jailma Suerda Silva de, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JOSÉ NOVO JÚNIOR

**VIABILIDADE AGROECONÔMICA DA CEBOLA, ATRIBUTOS QUÍMICOS E
MICROBIOLÓGICOS DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE
BIOFERTILIZANTES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Defendida em: 27/02/2019.

BANCA EXAMINADORA



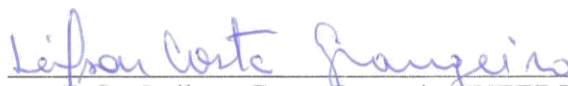
D.Sc. Jailma Suerda Silva de Lima (UFERSA)

Presidente



D.Sc. Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio (UFERSA)

Membro Examinador



D.Sc. Leilson Costa Grangeiro (UFERSA)

Membro Examinador



D.Sc. Gardênia Silvana de Oliveira Rodrigues (UNIRB)

Membro Externo



D.Sc. Fábio Martins de Queiroga (TERRA SANTA)

Membro Externo

À minha mãe, Zoraide Vênus Gonçalves, pelo amor incondicional, ajudando-me sempre em todos os momentos da minha vida.

Ao meu pai, José Novo Sobrinho (*in memoriam*), pela educação, carinho e amor. Infelizmente, não é mais possível desfrutar da sua presença, mas sempre vou levá-lo em meu coração.

DEDICO

À minha amada esposa, Ana Priscila Borba Filgueira Novo, pelo companheirismo, apoio e, principalmente, por todo amor.

Ao meu amado filho, Arthur Benjamin Filgueira Novo, o qual foi responsável por renovar as minhas energias, me fortalecendo nas horas mais difíceis.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus por sua infinita bondade e misericórdia me proporcionando mais uma grande conquista.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) por contribuir para a minha formação, não apenas como profissional, mas como cidadão.

Ao programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela oportunidade dos Cursos de Mestrado e Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

À Empresa Agrícola Salutaris por todo apoio, suporte e confiança.

À Professora Jailma Suerda Silva de Lima pela orientação, amizade, confiança e compreensão, estando sempre presente para sanar todas as minhas dúvidas.

Aos membros participantes da banca examinadora: D.Sc. Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio, D.Sc. Leilson Costa Grangeiro, D.Sc. Gardênia Silvana de Oliveira Rodrigues e D.Sc. Fábio Martins de Queiroga pelas correções e sugestões para o aperfeiçoamento deste trabalho.

À minha esposa, Priscila, pelas palavras de incentivo, compreensão, cuidado, companheirismo e, principalmente, por todo amor. Te amo!

Ao meu amado filho Benjamin. O seu nascimento veio alegrar ainda mais a minha vida. Te amo filhão!

Aos meus pais, Zoraide e José Novo (*in memoriam*), pelo amor e educação, ajudando no meu crescimento como ser humano.

Aos meus irmãos: Neto, Mário, Soraia, Joan, Manuela, Ramildo, Ramira e José Adelson pelo grande apoio, confiança, amizade e carinho.

Ao meu “Irmão-Pai” Mário, que de todas as formas sempre contribuiu e apoiou os meus estudos. Grande parte desta conquista hoje é sua.

Ao meu sogro Izar Filgueira e à minha sogra Elenice Filgueira pelos sábios conselhos, orações e amizade.

Aos amigos da equipe: Aridênia, Bruna, Cristiane, Darciano, Elinaldo, Gabriel, Gideilson, Iara, Jacqueline, Jéssika, Joabe, Josimar, Lissa, Paulo, Rafaela e Renato. A companhia e ajuda de vocês foram fundamentais para a condução deste trabalho.

Ao amigo Marlon Luan por todo apoio e amizade.

A Cosmildo pela amizade e cuidado na condução do experimento.

“Porque Deus amou o mundo de tal maneira que deu o seu filho Unigênito, para que todo aquele que nele crê não pereça, mas tenha a vida eterna”.

(João 3.16)

BIOGRAFIA

JOSÉ NOVO JÚNIOR, filho de José Novo Sobrinho e Zoraide Vênus Gonçalves, nasceu na cidade de Ipanguaçu-RN, em 21 de julho de 1986. Iniciou o curso de Engenharia Agrônômica em agosto de 2006, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), obtendo o título de Engenheiro Agrônomo em agosto de 2011. Em agosto de 2012 iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia, concluindo-o em julho de 2014. Em março de 2015 iniciou o Curso de Doutorado em Fitotecnia, concluindo-o em fevereiro de 2019.

NOVO JÚNIOR, José. **Viabilidade agroeconômica da cebola, atributos químicos e microbiológicos do solo em função da aplicação de biofertilizantes.** 2019. 98f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2019.

RESUMO

O conhecimento sobre as respostas da produção da cebola a diferentes fontes e quantidades aplicadas de biofertilizantes, bem como de seus efeitos nos atributos químicos e microbiológicos do solo, podem fornecer subsídios importantes para tornar a atividade rentável e para manutenção da fertilidade do solo. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a viabilidade agroeconômica da produção da cebola e os atributos químicos e microbiológicos do solo em função da aplicação de biofertilizantes. O experimento foi conduzido no período de agosto a dezembro de 2016, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, localizada no Distrito de Lagoinha, Mossoró-RN. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados completos, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído por duas fontes de biofertilizantes, húmus de minhoca à base de esterco de bovino (Bio-HB) e de caprino (Bio-HC), e o segundo fator por cinco quantidades de biofertilizantes, que correspondem a 50, 100, 150, 200 e 250% da adubação com nitrogênio recomendada para a cultura da cebola. As características avaliadas na cebola foram: produtividades total, comercial e não comercial de bulbos, classificação comercial de bulbos, diâmetro longitudinal e transversal, índice de formato de bulbo, massas secas da parte aérea, do bulbo e total, sólidos solúveis, acidez titulável, relação entre os sólidos solúveis e acidez titulável, potencial hidrogeniônico, pungência e firmeza dos bulbos, teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio da folha diagnóstica. Os índices econômicos avaliados foram: renda bruta, renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade. Os atributos avaliados do solo foram: teores de: P, K, Na, Ca, Mg, pH, MO, CE, bactérias esporulantes, bactérias totais, relação entre as bactérias esporulantes e totais, actinomicetos, fungos e microrganismos totais presentes no solo após a colheita da cebola. O maior desempenho agroeconômico da cebola foi obtido com a aplicação de 100 e 250% de nitrogênio com os biofertilizantes Bio-HC e Bio-HB, respectivamente. As aplicações dos biofertilizantes favoreceram o aumento dos teores de Mg, Ca e P do solo refletindo, assim, em melhoria da fertilidade do solo. Nas maiores proporções de nitrogênio (200 e 250% de N) o Bio-HC foi superior ao Bio-HB na quantidade de microrganismos totais do solo. O sistema de cultivo orgânico de cebola, em condições de alta fertilidade do solo, mostra-se viável com o uso dos biofertilizantes. Todavia, torna-se necessário a condução de trabalhos posteriores em solos de menor fertilidade, a fim de comprovar a eficiência dos biofertilizantes.

Palavras-chave: *Allium cepa* L. Húmus de minhoca. Produção. Matéria orgânica.

NOVO JÚNIOR, José. **Agroeconomic viability of the onion, chemical and microbiological attributes of the soil in function to the application of biofertilizers.** 2019. 98f. Thesis (Doctorate in Agronomy: Phytotechny) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2019.

ABSTRACT

Knowledge about the answers of onion production to different sources and quantities of biofertilizers as well as their effects chemical and microbiological attributes of the soil can provide important inputs to make the activity gainful and for soil fertility maintenance. In this sense, the objective of this work was to evaluate the agroeconomic viability of the onion production and the chemical and microbiological attributes of the soil in function to the application of biofertilizers. The experiment was conducted in the period from August to December of 2016, at the Fazenda Experimental Rafael Fernandes, located in Distrito de Lagoinha, Mossoró-RN. The experimental design used was in complete blocks randomized, in factorial scheme 2 x 5, with four repetitions. The first factor consisted of two sources of biofertilizers, worm humus based on cattle manure (Bio-HB) and goat (Bio-HC), and the second factor for five quantities of biofertilizers, that correspond to 50, 100, 150, 200 and 250% of fertilization with nitrogen recommended for the onion cultivation. The characteristics evaluated on the onion were: total productivity, commercial and non-commercial of bulb, commercial bulb classification, longitudinal and transverse diameter, bulb shape index, dry masses of the aerial part of the bulb and total, soluble solids, titratable acidity, relationship between soluble solids and titratable acidity, hydrogenation potential, bulb pungency and firmness, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium of the diagnostic leaf. The economic indices evaluated were: gross income, net income, rate of return and profitability index. The evaluated attributes of the soil were: levels of: P, K, Na, Ca, Mg, pH, MO, EC, sporulating bacteria, total bacteria, relations between sporulating and totals, actinomycetes, fungi and total microorganisms present in the soil after the harvest of the onion. The highest agroeconomic performance of the onion was obtained with the application of 100 and 250% of nitrogen with biofertilizers Bio-HC and Bio-HB, respectively. The applications of the biofertilizers fomented the increase in levels of the Mg, Ca and P of the soil, reflecting therefore, the improvement of soil fertility. At the highest proportions of nitrogen (200 and 250% N) Bio-HC was higher than Bio-HB in the amount of total microorganisms from soil. The system of organic cultivation of onion, in conditions of high soil fertility, is shown to be viable with the use of biofertilizers. However, it is necessary the conduction of further works on soils of lower fertility, to prove the efficiency of biofertilizers.

Key words: *Allium cepa* L. Worm humus. Production. Organic matter.

CAPÍTULO II

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Desbaste-transplântio da cebola (A) e visão geral da área experimental cultivada com cebola (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	32
Figura 2.	Cura da cebola ao sol e suspensão da irrigação (A), colheita (B), toaleta (C) e cura à sombra de bulbos de cebola (D). Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	33
Figura 3.	Produtividades total (A), comercial (B) e não comercial (C) de cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	40
Figura 4.	Porcentagem de bulbos de cebola nas classes 1 (A), 2 (B), 3 (C) e 4 em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	43
Figura 5.	Diâmetros longitudinal (A), transversal (B) e índice de formato de bulbos de cebola (C) em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	44
Figura 6.	Massas secas da parte aérea (A), do bulbo (B) e total (C) de cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	46
Figura 7.	Sólidos solúveis (A), acidez titulável (B), relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável (C), potencial hidrogeniônico (D), pungência (E) e firmeza (F) de bulbos de cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019....	48
Figura 8.	Teores de nitrogênio (A), fósforo (B) e potássio (C) da folha diagnóstica da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	51
Figura 9.	Teores de magnésio (A) e cálcio (B) da folha diagnóstica da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Caracterização química do solo da área experimental antes do plantio da cebola. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	29
Tabela 2.	Caracterização química da água de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	29
Tabela 3.	Proporções e quantidades de nitrogênio utilizadas no experimento com as aplicações dos húmus de minhoca produzidos à base de esterco de bovino e de caprino. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	30
Tabela 4.	Caracterização química dos húmus de minhoca. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	30
Tabela 5.	Distribuição percentual dos biofertilizantes ao longo do ciclo da cebola. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	31
Tabela 6.	Produtividades total (PT), comercial (PC) e não comercial (PNC) de cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	42
Tabela 7.	Classificação de bulbos de cebola (C1, C2, C3 e C4) em função de fontes de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019....	44
Tabela 8.	Diâmetros longitudinal (DLB) e transversal (DTB) do bulbo, índice de formato de bulbo (DLB/DTB), massa seca da parte aérea (MSPA), do bulbo (MSB) e total (MST) de cebola em função de fontes de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	46
Tabela 9.	Acidez titulável (AT), relação entre os sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), pungência (PUNG) e firmeza (FIRM) de bulbos de cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	50
Tabela 10.	Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) da folha diagnóstica da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	53
Tabela 11.	Teores de magnésio (Mg) e cálcio (Ca) da folha diagnóstica da cebola em função de fontes de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	54
Tabela 12.	Produtividade comercial média observada (PC), renda bruta (RB), custo de produção (CP), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) de cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019....	55

CAPÍTULO III

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Coleta de solo com auxílio de um trado (A), amostras para realizar análise química (B) e microbiológica do solo (C) após o cultivo da cebola fertirrigada com biofertilizantes. Mossoró-RN, UFERSA, 2019..... 69
- Figura 2.** Teores de magnésio (A), cálcio (B), potencial hidrogeniônico (C) e matéria orgânica (D) do solo após o cultivo da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019..... 73
- Figura 3.** Condutividade elétrica (A), teores de sódio (B), fósforo (C) e potássio do solo após o cultivo da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019..... 77
- Figura 4.** Comunidades de bactérias esporulantes (A), bactérias totais (B), relação entre as bactérias esporulantes e totais (C), actinomicetos (D), fungos (E) e microrganismos totais (F) do solo após o cultivo da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019..... 79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Caracterização química do solo da área experimental antes do plantio da cebola. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	65
Tabela 2.	Caracterização química da água de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	65
Tabela 3.	Proporções e quantidades de nitrogênio utilizadas no experimento com as aplicações dos húmus de minhoca produzidos à base de esterco de bovino e de caprino. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	66
Tabela 4.	Caracterização química dos húmus de minhoca. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	66
Tabela 5.	Distribuição percentual dos biofertilizantes ao longo do ciclo da cebola. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	67
Tabela 6.	Teor de magnésio (Mg) do solo após o cultivo da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	74
Tabela 7.	Teores de cálcio (Ca), potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica (MO), condutividade elétrica (CE), sódio (Na), fósforo (P) e potássio (K) do solo após o cultivo da cebola em função de fontes de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	75
Tabela 8.	Comunidades de bactérias totais (BT), relação entre as bactérias esporulantes e totais (BE:BT), actinomicetos (ACT), fungos (FUN), microrganismos totais (MT) e bactérias esporulantes (BE) do solo após o cultivo da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	80

LISTA DE TABELAS DO APÊNDICE

Tabela 1A.	Valores de F da análise de variância para produção classificada de bulbos (C1, C2, C3 e C4), produtividades total (PT), comercial (PC) e não comercial (PNC) de cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	87
Tabela 2A.	Valores de F da análise de variância para diâmetro longitudinal (DLB) e transversal do bulbo (DTB), índice de formato do bulbo (DLB/DTB), massas secas da parte aérea (MSPA), do bulbo (MSB) e total (MST) de cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	87
Tabela 3A.	Valores de F da análise de variância para sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT), potencial hidrogeniônico (pH), pungência (PUNG) e firmeza (FIRM) de bulbos de cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	87
Tabela 4A.	Valores de F da análise de variância para teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) da folha diagnóstica da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	88
Tabela 5A.	Valores de F da análise de variância para os teores de magnésio (Mg), cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH) e matéria orgânica (MO) do solo após o cultivo da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	88
Tabela 6A.	Valores de F da análise de variância para bactérias esporulantes (BE), bactérias totais (BT), relação entre as bactérias esporulantes e totais (BE:BT), actinomicetos (ACT), fungos (FUN) e microrganismos totais (MT) do solo após o cultivo da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	88
Tabela 7A.	Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 6,0 t ha ⁻¹ (50% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca bovino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	89
Tabela 8A.	Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 12,0 t ha ⁻¹ (100% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca bovino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	90

Tabela 9A.	Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 18,0 t ha ⁻¹ (150% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca bovino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	91
Tabela 10A.	Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 24,0 t ha ⁻¹ (200% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca bovino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	92
Tabela 11A.	Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 30,0 t ha ⁻¹ (250% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca bovino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	93
Tabela 12A.	Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 4,0 t ha ⁻¹ (50% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca caprino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	94
Tabela 13A.	Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 8,0 t ha ⁻¹ (100% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca caprino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	95
Tabela 14A.	Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 12,0 t ha ⁻¹ (150% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca caprino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	96
Tabela 15A.	Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 16,0 t ha ⁻¹ (200% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca caprino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	97
Tabela 16A.	Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 20,0 t ha ⁻¹ (250% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca caprino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.....	98

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL.....	19
REFERÊNCIAS.....	22
CAPÍTULO II – VIABILIDADE AGROECONÔMICA DA CEBOLA FERTIRRIGADA COM BIOFERTILIZANTES.....	25
RESUMO.....	25
ABSTRACT.....	26
1 INTRODUÇÃO.....	27
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
2.1 Descrição da área experimental.....	29
2.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	29
2.3 Obtenção e caracterização dos húmus de minhoca.....	30
2.4 Preparo e aplicação do húmus líquido (biofertilizante).....	30
2.5 Implantação e condução do experimento.....	31
2.6 Características avaliadas.....	33
2.6.1 Produtividade total de bulbos (PT).....	33
2.6.2 Produtividade de bulbos comerciais (PC).....	33
2.6.3 Produtividade de bulbos não comerciais (PNC).....	33
2.6.4 Classificação comercial de bulbos.....	34
2.6.5 Diâmetro longitudinal do bulbo (DLB).....	34
2.6.6 Diâmetro transversal do bulbo (DTB).....	34
2.6.7 Índice de formato de bulbo (DLB/DLT).....	34
2.6.8 Massas secas da parte aérea (MSPA), do bulbo (MSB) e total (MST).....	34
2.6.9 Sólidos solúveis (SS).....	35
2.6.10 Acidez titulável (AT).....	35
2.6.11 Relação SS/AT.....	35
2.6.12 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	35
2.6.13 Pungência (PUNG).....	35
2.6.14 Firmeza (FIRM).....	36
2.6.15 Teores de macronutrientes na folha diagnóstica (g kg^{-1}).....	36
2.7 Indicadores econômicos.....	36

2.7.1 Custo de produção (CP).....	36
2.7.1.1 Custos associados ao capital estável.....	37
2.7.1.1.1 Depreciação.....	37
2.7.1.1.2 Custos de oportunidade ou alternativos (CO).....	37
2.7.1.1.3 Mão-de-obra fixa.....	37
2.7.1.2 Custos associados ao capital circulante.....	37
2.7.1.2.1 Custo de aquisição.....	37
2.7.1.2.2 Conservação e manutenção.....	38
2.7.2 Prazo.....	38
2.7.3 Medidas de resultado econômico.....	38
2.7.3.1 Renda bruta (RB).....	38
2.7.3.2 Renda líquida (RL).....	38
2.7.3.3 Taxa de retorno (TR).....	39
2.7.3.4 Índice de lucratividade (IL).....	39
2.8 Análise estatística.....	39
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
3.1 Produção da cebola.....	40
3.2 Qualidade da cebola.....	47
3.3 Diagnose foliar.....	50
3.4 Indicadores econômicos.....	55
4 CONCLUSÕES.....	57
REFERÊNCIAS.....	58

CAPÍTULO III – ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DO SOLO CULTIVADO COM CEBOLA FERTITIGADA COM BIOFERTILIZANTES.....	62
RESUMO.....	62
ABSTRACT.....	63
1 INTRODUÇÃO.....	64
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	65
2.1 Descrição da área experimental.....	65
2.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	66
2.3 Obtenção e caracterização dos húmus de minhoca.....	66

2.4 Preparo e aplicação do húmus líquido (biofertilizante).....	67
2.5 Implantação e condução do experimento.....	67
2.6 Coleta do solo para análise química e microbiológica.....	69
2.6.1 Determinação dos nutrientes do solo.....	69
2.6.1.1 Fósforo (P), potássio (K) e sódio (Na).....	69
2.6.1.2 Cálcio (Ca) e magnésio (Mg).....	69
2.6.1.3 Matéria orgânica (MO).....	70
2.6.1.4 Potencial hidrogeniônico (pH na proporção 1:2,5).....	70
2.6.1.5 Condutividade elétrica (CE na proporção 1:2,5).....	70
2.6.2 Determinação das comunidades microbianas do solo.....	70
2.6.2.1 Bactérias esporulantes (BE) e totais (BT).....	70
2.6.2.2 Relação entre as bactérias esporulantes e totais (BE:BT).....	70
2.6.2.3 Actinomicetos (ACT).....	71
2.6.2.4 Fungos (FUN).....	71
2.6.2.5 Microrganismos totais (MT).....	71
2.6.2.6 Plaqueamento e quantificação das comunidades microbianas.....	71
2.7 Análise estatística.....	72
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
3.1 Atributos químicos do solo.....	73
3.2 Atributos microbiológicos do solo.....	78
4 CONCLUSÕES.....	82
REFERÊNCIAS.....	83
APÊNDICE.....	86

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura orgânica, também conhecida como agricultura biológica, vem crescendo em todo o mundo. Entre os anos de 1999 e 2015, houve uma acentuada evolução na agricultura orgânica mundial verificando-se, nesse período, aumento de 297% na área cultivada e de 1050% no número de produtores envolvidos nesse sistema de produção. Esta expansão deve-se a vários fatores, merecendo destaque o aumento do custo de produção, problemas ambientais e contaminação de alimentos, provenientes da agricultura convencional, bem como pelos benefícios que a agricultura orgânica pode proporcionar à biodiversidade, ao meio ambiente e à saúde humana (IFOAM, 2016). O Brasil ocupa a décima posição entre os países com maiores extensões de terras voltadas a esse sistema de produção, sendo estas cultivadas por 14.854 produtores, dos quais 4.605 (31,0%) estão concentrados na Região Nordeste. Destes, 510 são pertencentes ao Estado do Rio Grande do Norte (BRASIL, 2017).

As hortaliças pertencem ao grupo de plantas que mais respondem à aplicação de fertilizantes orgânicos. No Brasil, a área cultivada com hortícolas é de, aproximadamente, 837 mil hectares com um volume de produção em torno de 63 milhões de toneladas, contemplando mais de uma centena de espécies cultivadas em todas as regiões do país (CNA, 2017), destacando-se o cultivo da batata, do tomate e da cebola que são as três olerícolas de maior importância econômica no país.

A cebola (*Allium cepa* L.), pertencente à família das Alliáceas, é a hortaliça condimentar mais difundida no mundo (DOGLIOTTI et al., 2011), sendo que o Brasil está entre os dez maiores produtores mundiais desta olerícola (MENEZES JÚNIOR et al., 2018), participando com cerca de 2% da oferta mundial (FAO, 2015).

No Estado do Rio Grande do Norte (RN), a produção de cebola se concentra nos municípios de Baraúna e Mossoró, sendo cultivada com tecnologia similar à empregada no melão, ou seja, irrigação por gotejamento e aplicação de fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação) (HENRIQUES et al., 2014). Outra característica da região é a intensa utilização de fertilizantes químicos e agrotóxicos ao longo do ciclo dessa cultura, correspondendo entre 20 a 25% do custo total de produção.

O cultivo da cebola orgânica, assim como o de outras hortaliças, está em ascensão e vários trabalhos de pesquisa relatam respostas positivas desta olerícola à aplicação de adubos orgânicos (RESENDE et al., 2010; VIDIGAL et al., 2010; SANTOS et al., 2012;

HIGASHIKAWA; MENEZES JÚNIOR, 2017). Em virtude disto, a busca por insumos agrícolas (adubos orgânicos) que contenham matéria orgânica é de fundamental importância, principalmente para as regiões semiáridas, onde a sua decomposição é mais rápida (SANTOS et al., 2009).

Destaca-se que o adubo ou fertilizante orgânico é um produto de origem vegetal, animal ou agroindustrial que, aplicado ao solo, proporciona a melhoria de sua fertilidade e contribui para o aumento da produtividade e qualidade das culturas (TRANI et al., 2013). Para Santos et al. (2012), o adubo orgânico deve apresentar elevado teor de nutrientes e capacidade para disponibilizar os nutrientes em velocidade compatível com a demanda da cultura. O húmus de minhoca possui estas características, fato este que tem impulsionado o seu uso na produção de hortaliças em sistemas orgânicos.

O húmus de minhoca, também conhecido como vermicomposto, é um adubo orgânico de excelente qualidade obtido a partir da ação de minhocas e microrganismos sobre os resíduos orgânicos. O mesmo possui potencial elicitor, induzindo a produção de fitoalexinas, que são respostas das plantas por incidência de patógenos (GONÇALVES et al., 2009), e compostos fenólicos que agem na proteção das plantas contra pragas e doenças (RIBEIRO JUNIOR et al., 2006), além de proporcionar um bom resultado como fonte de nutrientes (SCHIEDECK et al., 2008). De acordo com Echer (2016), os agricultores reconhecem os benefícios provenientes do uso desse fertilizante orgânico, mas ainda há restrições ao seu uso devido à dificuldade de aplicação nas adubações de pós-plantio e por disseminar sementes de plantas espontâneas.

O uso do húmus de minhoca na forma líquida (biofertilizante) é uma opção viável para a adubação orgânica em hortaliças e sem as restrições do húmus sólido (SCHIEDECK et al., 2008). Segundo Primavesi (2004), a utilização de biofertilizante por pequenos produtores é uma alternativa viável e econômica, sendo uma prática recomendada não somente para fins de fertilização, mas também no controle fitossanitário, reduzindo os custos com insumos e defensivos.

A obtenção do biofertilizante produzido com húmus de minhoca é decorrente da mistura deste com água, possuindo em sua composição nutrientes minerais e ácidos orgânicos que estimulam o crescimento e o desenvolvimento das plantas (ARTEAGA et al., 2007), além de microrganismos, que contribuem para o equilíbrio biológico dos solos (SCHIEDECK et al., 2008). Somam-se, aos benefícios já citados, o aumento da capacidade de troca de cátions do solo e a redução da mobilidade de nutrientes, aumentando a atividade enzimática (ZHANG et al., 2015).

O biofertilizante de húmus de minhoca é um material muito rico e que possui grande potencial de resposta quando aplicado em diferentes culturas. No cultivo do feijão, Rodríguez-Fernández (2017) verificou influência desse biofertilizante sobre os indicadores de crescimento e rendimento produtivo. Em alface, Zandonadi et al. (2017) observaram, em relação à testemunha, aumento de cerca de duas vezes sobre a área foliar e massa foliar fresca também com a aplicação desse adubo orgânico. Para a cebola, Ansari (2008) constatou influência positiva no rendimento produtivo e na massa fresca de bulbos com a aplicação desse biofertilizante.

Contudo, ainda são escassas no Brasil informações a cerca dos efeitos do biofertilizante produzido com húmus de minhoca na produção e qualidade da cebola, bem como da viabilidade econômica de sua utilização. Além disso, devido à presença de uma grande quantidade de compostos orgânicos de alto peso molecular, esse adubo orgânico possui grande efeito residual no solo, sendo de fundamental importância o conhecimento do comportamento das características químicas e microbiológicas que se sucedem no solo decorrente da sua aplicação. Neste sentido, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a viabilidade agroeconômica da cebola e os atributos químicos e microbiológicos do solo em função da aplicação de biofertilizantes via fertirrigação, nas condições de Mossoró-RN.

REFERÊNCIAS

ANSARI, A. A. Effect of Vermicompost and Vermiwash on the Productivity of Spinach (*Spinacia oleracea*), Onion (*Allium cepa*) and Potato (*Solanum tuberosum*). **World Journal of Agricultural Sciences**, Georgetown, v. 4, n. 5, p. 554-557, 2008.

ARTEAGA, M.; GARCÉS, N.; NOVO, R.; GURIDI, F.; PINO, J. A.; ACOSTA, M.; PASOS, M.; BESÚ, D. Influencia de la aplicación foliar del bioestimulante Liplant sobre algunos indicadores biológicos del suelo. **Revista de Protección Vegetal**, La Habana, v. 22, n. 2, p. 110-117, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadastro Nacional de produtores orgânicos**. 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/cadastro_nacional-produtores-organicos>. Acesso em 02 de março de 2018.

CNA. **Hortalças**. Balanço 2016/perspectivas 2017. Disponível em: <http://www.cnabrazil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/11_hortalcas.pdf> Acesso em 06 de setembro de 2017.

DOGLIOTTI, S.; COLNAGO, P.; GALVÁN, G.; ALDABE, L. 2011. Bases Fisiológicas del crecimiento y desarrollo de los principales cultivos hortícolas: Tomate (*Lycopersicon esculentum*), Papa (*Solanum tuberosum*) y Cebolla (*Allium cepa*). Apostila. (Curso de Fisiología de los Cultivos – Universidad de la República). 85p.

ECHER, R. **Produção e aplicação de húmus líquido e seu efeito nas propriedades químicas do solo**. 2016. 87f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

FAO - **Food Agriculture Organization**. 2015. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/qas/uploads/4313/cebola_24abr_2015.pdf>. Acesso em: 25 de fev. 2016.

GONÇALVES, M. M.; SCHIEDECK, G.; SCHWENGBER, J. E. Produção e uso de biofertilizantes em sistemas de produção de base ecológica. Circular Técnica, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 7p. (Circular Técnica, 78).

HENRIQUES, G. P. S. A.; GRANGEIRO, L. C.; PAULINO, R. C.; MARROCOS, S. T. P.; SOUSA, V. F. L.; RIBEIRO, R. M. P. Produção de cebola cultivada sob diferentes densidades de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 7, p. 682-687, 2014.

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

IFOAM - Federação Internacional dos Movimentos de Agricultura Orgânica. **Into the Future. Consolidated Annual Report of IFOAM, 2016.**

Disponível em: <http://www.ifoam.bio/sites/default/files/annual_report_2015_0.pdf>

Acesso em: 10 de junho de 2018.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; GONÇALVES, P. A. S.; MARCUZZO, L. L. Avaliação de sistemas de produção convencional, racionais e orgânicos na cultura da cebola em plantio direto no Alto Vale do Itajaí – SC. **Revista Thema**, Pelotas v. 15, n. 3, p. 1123-1136, 2018.

PRIMAVESI, A. 2004. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel (Brasil), 549p.

RESENDE, J. T. V.; MARCHESE, A.; CAMARGO, L. K. P.; MARODIN, J. C.; CAMARGO, C.; MORALES, R. G. F. produtividade e qualidade pós-colheita de cultivares de cebola em sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 305-311, 2010.

RIBEIRO JUNIOR, S. S.; MATTOS, G. S.; CAMPOS, Â. D.; SCHWENGBER, J. E.; RODRIGUES, A. C. Avaliação do efeito de produtos orgânicos na produção de compostos fenólicos envolvidos na indução de resistência às doenças do morangueiro. In: Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação da Embrapa Clima Temperado. Pelotas, 2006.

RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, P. Impacto del lixiviado de humus de lombriz sobre el crecimiento y productividad del cultivo de habichuela (*Vigna unguiculata* L. walp). **Ciencia en su PC**, Santiago de Cuba, n. 2, p. 44-58, 2017.

SANTOS, J. F.; GRANGEIRO, J. I. T.; BRITO, L. M. P.; OLIVEIRA, M. M.; SANTOS, M. C. C. A. Influência do húmus de minhoca no rendimento da batata doce. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 181-190, 2009.

SANTOS, S. S.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; LEAL, M. A. A.; RIBEIRO, R. L. D. Produção de cebola orgânica em função do uso de cobertura morta e torta de mamona. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 549-552, 2012.

SCHIEDECK, G.; SCHWENGBER J.E.; GONÇALVES, M. de M.; SCHIAVON, G.A., Preparo e uso de húmus líquido: opção para adubação orgânica em hortaliças. Comunicado Técnico, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 4 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 195).

TRANI, P. E.; TERRA, M. M.; TECCHIO, M. A.; TEIXEIRA, L. A. J.; HANASIRO, J. **Adubação orgânica de hortaliças e frutíferas.** [Campinas: IAC], 2013.

VIDIGAL, S. M.; SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; SANTOS, M. R. Produtividade de cebola em cultivo orgânico utilizando composto à base de dejetos de suínos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 168-173, 2010.

ZANDONADI, D. B.; SOUZA, R. B.; RESENDE, F. V.; SILVA, J.; RIBEIRO, R. L. V.; FONTENELLE, M. R.; LIMA, C. E. P. **Produção orgânica de alface romana com biofertilizantes em cultivo protegido.** Brasília-DF: Embrapa Hortaliças. 2017. 19p. (Embrapa Hortaliças, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 152).

ZHANG, H.; TAN, S. N.; TEO, C. H.; YEW, Y. R.; GE, L.; CHEN, X.; YONG, J. W. H. Analysis of phytohormones in vermicompost using a novel combinative sample preparation strategy of ultra sound-assisted extraction and solid-phase extraction coupled with liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Talanta**, v. 139, p. 189-197, 2015.

CAPÍTULO II

VIABILIDADE AGROECONÔMICA DA CEBOLA FERTIRRIGADA COM BIOFERTILIZANTES

RESUMO – O conhecimento sobre as respostas da cebola a diferentes fontes e quantidades de biofertilizante podem contribuir para a otimização do uso desse adubo orgânico e, conseqüentemente, tornar a atividade rentável. O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade agroeconômica da produção da cebola em função da aplicação de biofertilizantes. O experimento foi conduzido no período de agosto a dezembro de 2016, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, localizada no distrito de Lagoinha, Mossoró-RN. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados completos, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído por duas fontes de biofertilizantes, húmus de minhoca à base de esterco de bovino (Bio-HB) e de caprino (Bio-HC), e o segundo fator por cinco quantidades de biofertilizantes, que correspondem a 50, 100, 150, 200 e 250% da adubação com nitrogênio recomendada para a cultura da cebola. As características avaliadas na cebola foram: produtividades total, comercial e não comercial de bulbos, classificação comercial de bulbos, diâmetro longitudinal e transversal, índice de formato de bulbo, massas secas da parte aérea, do bulbo e total, sólidos solúveis, acidez titulável, relação entre os sólidos solúveis e acidez titulável, potencial hidrogeniônico, pungência e firmeza dos bulbos, teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio da folha diagnóstica. Os índices econômicos avaliados foram: renda bruta, renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade. O maior desempenho agroeconômico da cebola foi obtido com a aplicação de 100 e 250% de nitrogênio com os biofertilizantes Bio-HC e Bio-HB, respectivamente. O sistema de cultivo orgânico de cebola, em condições de alta fertilidade do solo, mostra-se viável com o uso dos biofertilizantes. Todavia, torna-se necessário a condução de trabalhos posteriores em solos de menor fertilidade, a fim de comprovar a eficiência dos biofertilizantes.

Palavras-chave: *Allium cepa* L. Húmus de minhoca. Produção. Indicadores econômicos.

AGROECONOMIC VIABILITY OF FERTIRRIGATED ONION WITH BIOFERTILIZERS

ABSTRACT – Knowledge about onion responses to different sources and amounts of biofertilizer may contribute to the optimization of the use of this organic fertilizer and, consequently, make the activity profitable. The objective of this work was to evaluate the agroeconomic viability of onion production due to the application of biofertilizers. The experiment was conducted in the period from August to December 2016, at the Experimental Farm Rafael Fernandes, located in Lagoinha district, Mossoró-RN. The experimental design was a randomized complete block, in a 2 x 5 factorial scheme, with four replications. The first factor consisted of two sources of biofertilizers, worm manure based on bovine manure (Bio-HB) and goat (Bio-HC), and the second factor for five quantities of biofertilizers, corresponding to 50, 100, 150, 200 and 250% of nitrogen fertilization recommended for onion culture. The characteristics evaluated in the onion were: total commercial and non commercial bulb productivity, commercial bulb classification, longitudinal and transverse diameter, bulb shape index, shoot mass, bulb and total mass, soluble solids, titratable acidity, soluble solids and titratable acidity, hydrogenation potential, bulb pungence and firmness, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium contents of the diagnostic leaf. The economic indices evaluated were: gross income, net income, rate of return and profitability index. The highest agroeconomic performance of the onion was obtained with the application of 100 and 250% of nitrogen with biofertilizers Bio-HC and Bio-HB, respectively. The system of organic cultivation of onion, in conditions of high soil fertility, is shown to be viable with the use of biofertilizers. However, it is necessary to conduct further work on soils of lower fertility in order to prove the efficiency of the biofertilizers.

Key words: *Allium cepa* L. Worm humus. Production. Economic indicators.

1 INTRODUÇÃO

A cebola ocupa o terceiro lugar entre as olerícolas em importância econômica, sendo superada apenas pela batata e pelo tomate. Em 2016 foram cultivados 56.169 mil hectares de cebola no Brasil, obtendo produção de 1.563.968 toneladas e rendimento médio de 27,8 t ha⁻¹. No Nordeste brasileiro, esta hortaliça é produzida predominantemente no Vale do São Francisco, sendo que os estados de Pernambuco e Bahia respondem por 97,9% da produção regional, com produtividade média de 24,9 e 29,8 t ha⁻¹, respectivamente (IBGE, 2017).

O manejo da adubação utilizando fertilizantes químicos e o controle fitossanitário com agrotóxicos constitui em um dos fatores de maior importância para o cultivo da cebola. No entanto, o uso indiscriminado e abusivo desses produtos trouxe muitos prejuízos, merecendo destaque os danos causados ao meio ambiente e à saúde humana (MENEZES JÚNIOR et al., 2014). Diante deste cenário, e à semelhança do que vem ocorrendo para as demais hortaliças com o mercado consumidor cada vez mais exigente, aumenta a demanda por cebolas produzidas em sistemas orgânicos.

De acordo com Carvalho et al. (2017) reduzir a utilização de fertilizantes minerais, sem perda de produtividade e qualidade, é um grande desafio para a pesquisa. Uma fonte alternativa é o produto final da ação de minhocas sobre os resíduos orgânicos, ou seja, o húmus de minhoca, um material enriquecido com substâncias húmicas de elevada atividade biológica (NARDI et al., 2009; CANELLAS et al., 2011).

O húmus de minhoca pode ser utilizado na forma sólida ou líquida (biofertilizante). Entre os benefícios da aplicação desse biofertilizante no solo estão o aumento da resistência das plantas a fitopatógenos, incremento na fixação biológica de nitrogênio, aumento da quantidade de carbono existente no solo e incremento do número de microrganismos existentes (LAZCANO; DOMÍNGUEZ, 2011; ROMÁN et al., 2013). Além disso, esse adubo orgânico contém enzimas, macro e micronutrientes que podem promover o crescimento e o rendimento das culturas (SENTHILMURUGAN et al., 2018).

Alguns autores relatam a eficiência da aplicação do biofertilizante produzido com húmus de minhoca no desempenho produtivo de hortaliças, como em alface (*Lactuca sativa*) (ZANDONADI et al., 2017), pimentão (*Lycopersicon esculentum*) (GONZÁLEZ et al., 2017) e feijão (*Vigna unguiculata*) (RODRIGUEZ-FERNÁNDEZ et al., 2017). Na cultura da cebola, Bravo e Mandado (2014) verificaram influência positiva desse biofertilizante para todos os indicadores morfológicos da planta.

O conhecimento sobre as respostas da cebola a diferentes fontes e quantidades desse biofertilizante pode contribuir para a otimização do seu uso e, conseqüentemente, tornar a atividade viável economicamente. No entanto, no Brasil ainda são escassas as informações a cerca da aplicação deste adubo orgânico no cultivo da cebola. Diante disto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a viabilidade agroeconômica da cebola fertirrigada com biofertilizantes, nas condições de Mossoró-RN.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da área experimental

O experimento foi conduzido no período de agosto a dezembro de 2016, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, localizada no distrito de Lagoinha, município de Mossoró-RN, Brasil (5°03' S; 37°25' W; altitude aproximada de 18 m), em solo classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Típico (RÊGO et al., 2016), apresentando na camada de 0-20 cm os seguintes resultados na análise química (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental antes do plantio da cebola. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

pH	CE	MO	P	K⁺	Na⁺	Ca²⁺
-	(dS m ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	-----	(mg dm ⁻³)	-----	(cmol _c dm ⁻³)
7,21	1,05	7,90	21,80	78,60	23,80	2,18
Mg²⁺	H + Al	Al³⁺	SB	CTC	V	PST
-----	-----	(cmol _c dm ⁻³)	-----	-----	-----	(%)
1,89	1,05	0,00	4,37	5,42	80,63	1,91

A água utilizada na irrigação foi oriunda de um poço tubular profundo, do aquífero arenito Açú e suas características estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química da água de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

pH	CE	K⁺	Na⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	Cl⁻	CO₃⁻²	HCO₃⁻	RAS
-	(dS m ⁻¹)	-----	-----	-----	(mmol _c L ⁻¹)	-----	-----	-----	(mg L ⁻¹)
7,5	0,57	0,54	2,37	2,07	1,35	2,01	1,55	7,90	7,5

O clima da região, de acordo com o sistema de classificação de Köppen, é BSh, quente e seco, com precipitação média anual em torno de 700 mm, temperatura média do ar de 26,7 °C e umidade relativa de 68,9%. O período chuvoso na região é de fevereiro a junho, com baixa probabilidade de chuvas entre agosto e dezembro (ALVARES et al., 2013). Durante o período de condução do experimento a temperatura média foi de 27,6 °C, a média mínima de 27,0 °C, a média máxima de 28,2 °C, umidade relativa média do ar de 62,0%, radiação média de 1.861,2 kJ m⁻² e precipitação pluviométrica de 0 mm.

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados completos, com os tratamentos arranjos em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído por duas fontes de biofertilizantes, húmus de minhoca à base de esterco de bovino (Bio-HB) e de caprino (Bio-HC), e o segundo fator por cinco quantidades (50, 100, 150, 200 e 250%) da adubação com nitrogênio recomendada para a cultura da cebola por Costa et al. (1998) para o Estado de Pernambuco, conforme descrito na Tabela 3.

Tabela 3. Proporções e quantidades de nitrogênio utilizadas no experimento com as aplicações dos húmus de minhoca produzidos à base de esterco de bovino e de caprino. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Nitrogênio (%)	Nitrogênio (kg ha ⁻¹)	Fontes dos húmus de minhoca (t ha ⁻¹)	
		Esterco Bovino	Esterco Caprino
50	67,5	6,0	4,0
100	135,0	12,0	8,0
150	202,5	18,0	12,0
200	270,0	24,0	16,0
250	337,5	30,0	20,0

Cada unidade experimental consistiu de uma área de 3,0 x 1,0 m, contendo dez fileiras de plantas, espaçada de 0,10 x 0,10 m, perfazendo uma área total de 3,0 m². Como área útil foi considerada as seis fileiras centrais, excluindo-se duas fileiras de cada extremidade.

2.3 Obtenção e caracterização dos húmus de minhoca

O húmus de minhoca à base de esterco bovino foi produzido no minhocário da Escola Agrotécnica do Cajueiro, Campus IV UEPB, Catolé do Rocha-PB. Já o húmus de minhoca, à base de esterco de caprino, foi produzido no minhocário da Fazenda Hortívoda, localizada na cidade de Governador Dix-Sept Rosado-RN. Foram retiradas amostras de ambos os materiais e levadas para o Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Os dados obtidos encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Caracterização química dos húmus de minhoca. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Fontes	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
	(g kg ⁻¹)					(mg kg ⁻¹)				
Bovino	11,2	0,4	4,0	14,2	4,0	500,0	8485,0	237,0	237,0	10,8
Caprino	16,8	0,9	4,7	43,8	7,0	699,0	6209,0	204,0	204,0	22,1

2.4 Preparo e aplicação do húmus líquido (biofertilizante)

O húmus na forma líquida (biofertilizante) foi preparado em recipiente plástico de 100 L na proporção de 1:10, onde foram colocados 6,0 kg de húmus de minhoca, 60,0 L de água e 300,0 g de açúcar. Estes ingredientes foram misturados e colocados para fermentar durante cinco dias a céu aberto. Após o período de decomposição, o biofertilizante foi filtrado em peneira de pano para posterior aplicação via fertirrigação, conforme metodologia adaptada de Schiedeck et al. (2006). Por questões econômicas e de praticidade, optou-se em realizar as adubações de cobertura duas vezes por semana, utilizando-se tanque de derivação de fluxo produzido com tubo de PVC. As fertirrigações com os biofertilizantes foram realizadas dos 20 aos 115 dias após a semeadura (DAS), de acordo com a especificidade de cada tratamento, sendo a distribuição das aplicações, ao longo do ciclo da cebola, estabelecida a partir da marcha de absorção do nitrogênio pela cultura (Tabela 5).

Tabela 5. Distribuição percentual dos biofertilizantes ao longo do ciclo da cebola. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

DAS	Biofertilizantes (%)
20 – 35	9,0
36 – 50	15,0
51 – 65	20,0
66 – 80	30,0
81 – 95	20,0
96 – 115	6,0

Fonte: Adaptado de Marrocos et al. (2009).

2.5 Implantação e condução do experimento

O preparo do solo constou de aração, gradagem e levantamento dos canteiros, seguido da adubação de fundação, onde foram aplicados 3,0 kg de esterco bovino curtido por parcela (correspondendo a 10 t ha⁻¹), contendo 11,0 g kg⁻¹ de N; 5,10 g kg⁻¹ de P; 14,22 g kg⁻¹ de K; 1,50 g kg⁻¹ de Ca e 1,50 g kg⁻¹ de Mg.

A semeadura foi realizada manualmente, em agosto de 2016, colocando-se de 3 a 4 sementes por cova, utilizando-se a cultivar de cebola Vale Ouro IPA-11. O desbaste foi realizado aos 23 DAS, deixando-se uma planta por cova (Figura 1A).

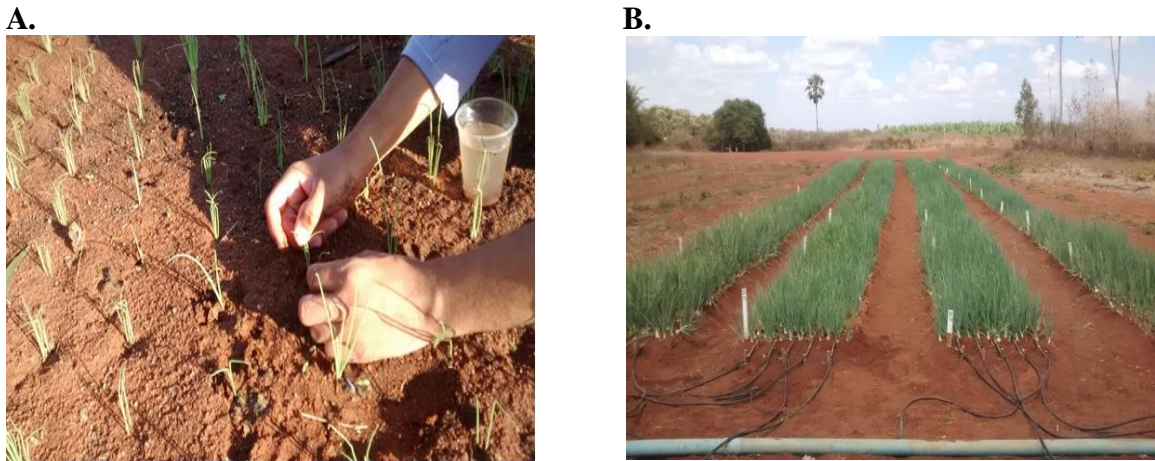


Figura 1. Desbaste-transplântio da cebola (A) e visão geral da área experimental cultivada com cebola (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Foi utilizado o sistema de irrigao por gotejamento, utilizando-se quatro mangueiras por canteiro, no espaçamento de 0,20 m. Os gotejadores foram do tipo autocompensante, espaçados em 0,30 m, com vazão média de $1,4 \text{ L h}^{-1}$. As irrigaes foram realizadas diariamente, com lâminas aplicadas com base na evapotranspirao da cultura (ET_c), multiplicando-se a evapotranspirao de referência (ET_o) pelo coeficiente de cultivo (K_c) (ALLEN et al., 2006).

Após a emergência das plantas foi realizado o controle de plantas daninhas com capinas manuais e enxada, sempre que necessário. O controle de pragas foi realizado com pulverizaes preventivas e alternadas, em intervalos de sete dias, com detergente neutro ($10,0 \text{ mL L}^{-1}$) e óleo de neem ($0,75 \text{ mL L}^{-1}$).

A irrigao foi suspensa 10 dias antes da colheita, quando aproximadamente 70% das plantas estavam tombadas, a fim de realizar o processo de cura ao sol, sendo a colheita da cebola realizada aos 132 DAS (Figuras 2A e 2B). Em seguida foi realizado o toalete, que consistiu na retirada das raízes e folhas, sendo, posteriormente, levadas ao Laboratório de Recepção, do Departamento de Ciências Agronmicas e Florestais (DCAF) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFERSA, onde permaneceram por cinco dias para completar o processo de cura  sombra (Figuras 2C e 2D).



Figura 2. Cura da cebola ao sol e suspensão da irrigação (A), colheita (B), toalete (C) e cura à sombra de bulbos de cebola (D). Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

2.6 Características avaliadas

2.6.1 Produtividade total de bulbos (PT)

Obtida por meio da massa total de bulbos colhidos na área útil da parcela, expressa em $t\ ha^{-1}$.

2.6.2 Produtividade de bulbos comerciais (PC)

Obtida pelo peso total de bulbos com diâmetro $> 35\ mm$, expressa em $t\ ha^{-1}$.

2.6.3 Produtividade de bulbos não comerciais (PNC)

Obtida pelo peso total de bulbos com diâmetro $< 35\ mm$ (classe 1), expressa em $t\ ha^{-1}$.

2.6.4 Classificação comercial de bulbos

Os bulbos foram classificados de acordo com o maior diâmetro transversal na classe 1 (diâmetro < 35 mm, considerados não comerciais), classe 2 (35 a 50 mm), classe 3 (50 a 75 mm), classe 4 (75 a 90 mm) e classe 5 (> 90 mm) (BRASIL, 1995).

2.6.5 Diâmetro longitudinal do bulbo (DLB)

Foram amostrados 20 bulbos e mensurados, por meio de um paquímetro digital, o comprimento dos bulbos em milímetros.

2.6.6 Diâmetro transversal do bulbo (DTB)

Foram amostrados 20 bulbos e mensurados, por meio de um paquímetro digital, a largura dos bulbos em milímetros.

2.6.7 Índice de formato de bulbo (DLB/DTB)

Obtido pela divisão do comprimento pela largura para encontrar a relação de formato do bulbo.

2.6.8 Massas secas da parte aérea (MSPA), do bulbo (MSB) e total (MST)

Foram amostradas, por parcela, vinte plantas no momento da colheita dos bulbos. Para tanto, cada órgão foi lavado e colocado separadamente, as folhas em saco de papel e os bulbos em bandeja tipo “marmitex”, sendo estes cortados para acelerar o processo de secagem e em seguida foram levados para secagem em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 65 °C, até atingir massa constante, onde foram mensuradas suas respectivas massas. Em seguida, as amostras foram processadas em moinho e acondicionadas em recipientes fechados. A massa seca total da planta foi determinada pela soma das massas secas do bulbo e da parte aérea, expressa em $t\ ha^{-1}$.

2.6.9 Sólidos solúveis (SS)

Determinado por refratometria segundo o método da AOAC (1995), por leitura direta em refratômetro digital. Expresso em °Brix.

2.6.10 Acidez titulável (AT)

Determinada utilizando-se uma alíquota de 20 mL do suco do bulbo, ao qual foi adicionada três gotas de fenolftaleína 1%. Em seguida, foi realizada a titulação até o ponto de viragem com solução de NaOH (0,1N), previamente padronizada. Expressa em % de ácido pirúvico.

2.6.11 Relação SS/AT

Obtida pela divisão dos sólidos solúveis pela acidez titulável, de acordo com Chitarra e Chitarra (2005).

2.6.12 Potencial hidrogeniônico (pH)

Foi obtido utilizando-se um pHgâmetro, da marca Hanna Instruments, modelo pH 300, sendo os resultados expressos em unidades de pH, com base no método da IAL (2008).

2.6.13 Pungência (PUNG)

É definida como a combinação entre o sabor e o odor da cebola (flavor). Foi determinada através da quantificação de ácido pirúvico, que foi estimada usando o reagente 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH), conforme método descrito por Schwimmer e Weston (1961). A classificação da pungência foi determinada de acordo com o indicado pelo “VLI Sweet Index” (VIDALIALABS, 2004), em função da atividade da aliinase, a qual é expressa em mmoles de ácido pirúvico g^{-1} em “muito suave” (0-2,9 $\mu\text{moles } g^{-1}$), “suave” (3,0-4,2 $\mu\text{moles } g^{-1}$), “levemente pungente” (4,3-5,5 $\mu\text{moles } g^{-1}$), “pungente” (5,6-6,3 $\mu\text{moles } g^{-1}$), “pungência forte” (6,4-6,9 $\mu\text{moles } g^{-1}$), “pungência muito forte” (7,0-7,9 $\mu\text{moles } g^{-1}$) e “picante” (8,0-10,0 $\mu\text{moles } g^{-1}$).

2.6.14 Firmeza (FIRM)

Obtida com o auxílio de um penetrômetro manual com ponteira de 8 mm, sendo amostrado dois pontos do bulbo, e os resultados expressos em Newton (N).

2.6.15 Teores de macronutrientes na folha diagnóstica (g kg^{-1})

Para a determinação dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) foliar foi coletada a folha mais alta de 10 plantas, da área útil da parcela, aos 78 DAS. As amostras foram lavadas em água corrente e destilada e, posteriormente, secas em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C, até atingir massa constante. Após a secagem, as amostras foram moídas para a realização de uma digestão sulfúrica, sendo o teor de K quantificado pelo método de fotometria de chama, o P por colorimetria e o N pelo método de Micro Kjeldahl. Já as extrações do Ca e do Mg foram realizadas com a solução de KCl 1 mol L⁻¹, efetuando-se a leitura pelo método complexo métrico com o emprego do EDTA (etileno-diamino-tetracético).

2.7 Indicadores econômicos

Determinou-se a análise econômica por meio de custo, receita e produção comercial.

2.7.1 Custo de produção (CP)

Os custos foram calculados e analisados ao final do processo produtivo em dezembro de 2016, procedendo-se, assim, a análise de custo do tipo “ex-post”. A modalidade de custos analisada neste trabalho corresponde aos gastos totais (custo total) por hectare de área cultivada, o qual abrange os serviços prestados pelo capital estável, ou seja, a contribuição do capital circulante e o valor dos custos alternativos. De modo semelhante, as receitas referem-se ao valor da produção de um hectare.

2.7.1.1 Custos associados ao capital estável

2.7.1.1.1 Depreciação

É o custo fixo não-monetário que reflete a perda de valor de um bem de produção em função da idade, do uso e da obsolescência. O método de cálculo do valor da depreciação foi o linear ou cotas fixas, que determina o valor anual da depreciação a partir do tempo de vida útil do bem durável, do seu valor inicial e de sucata. Este último não foi considerado, uma vez que os bens de capital considerados não apresentam qualquer valor residual.

2.7.1.1.2 Custos de oportunidade ou alternativos (CO)

Para os itens de capital estável (construções, máquinas, equipamentos, etc.), o custo de oportunidade corresponde ao juro anual que reflete o uso alternativo do capital. De acordo com Leite (1998) a taxa de juros a ser escolhida para o cálculo do custo alternativo, deve ser igual à taxa de retorno da melhor aplicação alternativa; por ser impossível a determinação deste valor, optou-se por adotar a taxa de 6% a.a., equivalente ao ganho em caderneta de poupança. Como os bens de capital depreciam com o tempo, o juro incidirá sobre a metade do valor atual de cada bem.

Com relação ao custo de oportunidade da terra, considerou-se o arrendamento de um hectare na região, como o equivalente ao custo alternativo da terra empregada na pesquisa.

2.7.1.1.3 Mão-de-obra fixa

Destinada ao gerenciamento das atividades produtivas, corresponde ao pagamento de um salário mínimo por mês durante o ciclo produtivo.

2.7.1.2 Custos associados ao capital circulante

2.7.1.2.1 Custo de aquisição

Obtido multiplicando-se o preço do insumo variável utilizado (sementes, adubos, defensivos, mão-de-obra eventual, etc.) pela quantidade do respectivo insumo utilizado.

2.7.1.2.2 Conservação e manutenção

Custo variável relativo à manutenção e conservação das instalações, máquinas e equipamentos diretamente relacionados com a produção. O valor estipulado para estas despesas foi de 1% a.a. do valor de custo das construções; no caso de bomba e sistema de irrigação, o percentual foi de 7% a.a.

2.7.2 Prazo

O período compreendido entre a aplicação dos recursos e a resposta dos mesmos em forma de produto, ou seja, o tempo de duração do ciclo produtivo da atividade (safra). Neste caso considerando-se um único ciclo produtivo de 130 dias.

2.7.3 Medidas de resultado econômico

A análise da renda, através de índices de resultado econômico, serve para auferir a eficiência do administrador e da sua força de trabalho. A análise econômica permite ainda verificar como os recursos alocados em uma atividade de produção estão sendo remunerados, possibilitando também verificar o desempenho no que se refere à rentabilidade da atividade em questão, comparada a outras alternativas de emprego do tempo do empresário e do capital.

2.7.3.1 Renda bruta (RB)

Calculada considerando a produtividade comercial estimada (PC) e o preço do quilo da cebola pago ao produtor na região, que foi de R\$ 0,95 kg⁻¹, na época da colheita.

2.7.3.2 Renda líquida (RL)

Obtida pela diferença entre a renda bruta (RB) por hectare e os custos totais (CT) envolvidos na obtenção da mesma.

2.7.3.3 Taxa de retorno (TR)

É a relação entre a renda bruta e o custo total: $TR = RB/CT$; corresponde a quantos reais são obtidos para cada real aplicado em custos de produção.

2.7.3.4 Índice de lucratividade (IL)

É a relação entre a renda líquida (RL) e a renda bruta (RB), expresso em porcentagem.

2.8 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2011). O procedimento de ajustamento de curvas de resposta foi realizado para a variável quantitativa, utilizando o software Table Curve (JANDEL SCIENTIFIC, 1991). O teste de Tukey a 5% foi utilizado para comparar as médias entre as fontes de biofertilizantes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Produção da cebola

Houve interação significativa entre os fatores fontes e quantidades de biofertilizantes (expressas em proporções de nitrogênio) para a produtividade total, comercial e não comercial, enquanto que para a produção classificada dos bulbos não foi observada interação significativa entre os fatores estudados.

As produtividades total (PT) e comercial (PC) tiveram comportamento crescente com o incremento das quantidades aplicadas do Bio-HB, obtendo-se os valores máximos de 52,38 e 49,50 t ha⁻¹ de bulbos de cebola quando se aplicou 250% de N, o que corresponde aos acréscimos de 30,55 (16,00 t ha⁻¹) e 39,01% (19,31 t ha⁻¹), em relação à menor quantidade aplicada com esse biofertilizante (50% de N), respectivamente (Figuras 3A e 3B).

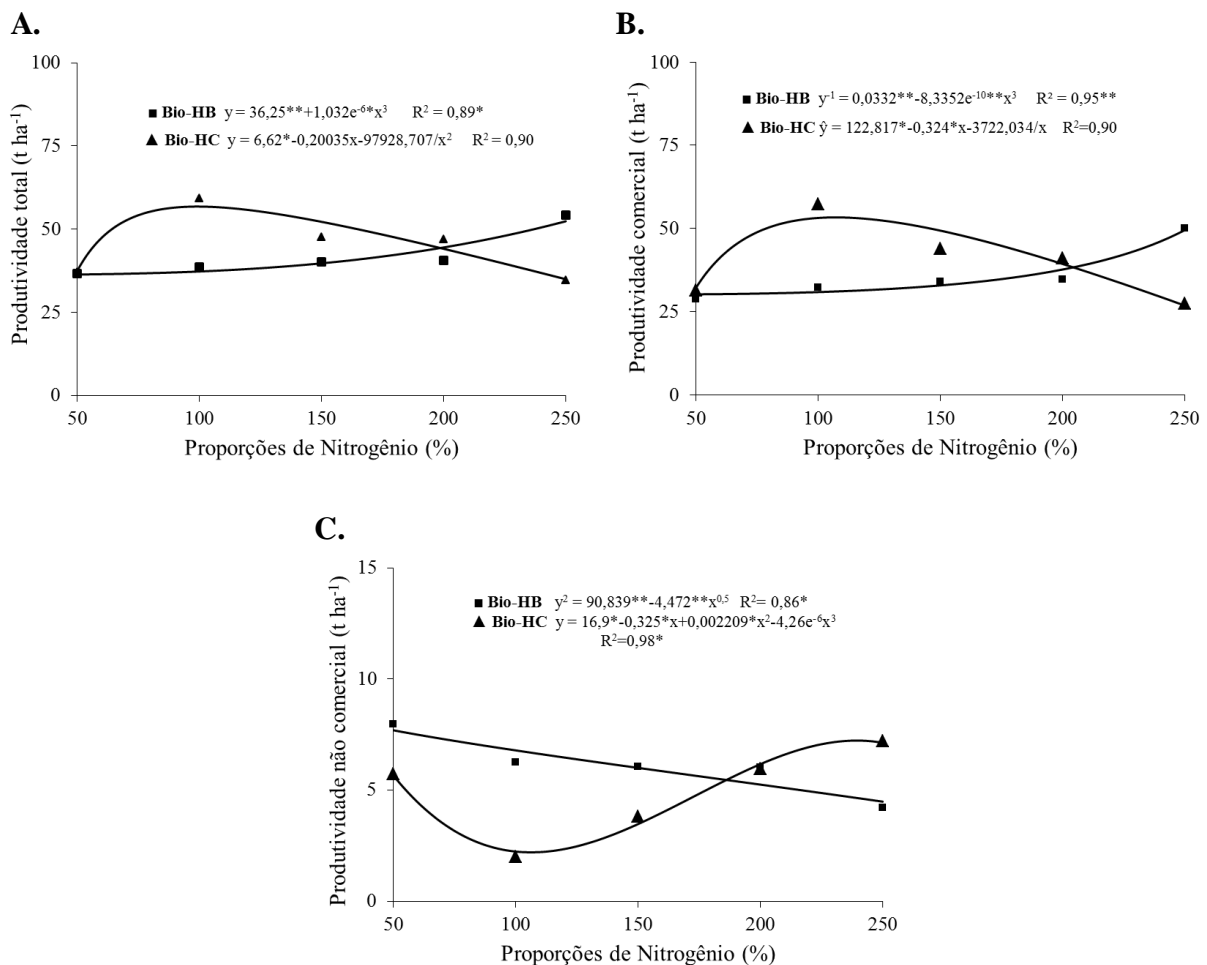


Figura 3. Produtividades total (A), comercial (B) e não comercial (C) de cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Entretanto, quando se aplicou o Bio-HC obteve-se acréscimos de 34,58% (19,64 t ha⁻¹) na PT e de 41,05% (21,89 t ha⁻¹) na PC com o aumento das quantidades de 50 para 99,24% e de 50 para 107,11% de N observando-se, respectivamente, os valores máximos de 56,80 e 53,32 t ha⁻¹. Contudo, verificou-se, a partir destes pontos, comportamentos decrescentes para a PT e PC em detrimento da aplicação do Bio-HC atingindo, respectivamente, os valores mínimos de 34,97 e 26,83 t ha⁻¹ com o fornecimento de 250% de N (Figuras 3A e 3B).

A PT máxima de cebola obtida para os dois biofertilizantes superou a média nacional (27,84 t ha⁻¹) e da Região Nordeste (28,06 t ha⁻¹) (IBGE, 2017), demonstrando o potencial produtivo desta olerícola no sistema de cultivo orgânico. De acordo com Higashikawa e Menezes Júnior (2017), a adubação orgânica em cebola proporciona melhoria nos atributos físico-químicos do solo e mantém os teores de nitrato mais estáveis durante o ciclo dessa hortaliça. Aliado a isso, a menor predisposição das plantas ao ataque de pragas e doenças, devido à manutenção do equilíbrio nutricional das plantas com a aplicação dos biofertilizantes, possivelmente favoreceram o bom rendimento alcançado neste trabalho.

A produtividade não comercial (PNC) ou refugo teve comportamento inverso ao constatado para a PC, sendo que o Bio-HB proporcionou decréscimo nessa característica com o incremento das aplicações, com valor mínimo de 4,48 t ha⁻¹ obtido com o fornecimento de 250% de N, o que corresponde à redução de 41,74% (3,21 t ha⁻¹) nos refugos de cebola quando comparados à adubação com 50% de N. Contudo, em função da aplicação do Bio-HC, constatou-se decréscimo na PNC de 7,23 para 2,20 t ha⁻¹ com o incremento da aplicação de 50 para 106,30% de N, correspondendo à redução de 69,57% (5,03 t ha⁻¹) nos refugos (Figura 3C).

Por outro lado, desdobrando-se as fontes dentro das quantidades aplicadas de biofertilizantes, observou-se diferença significativa na PT para as aplicações de 100 e 250% de N, sendo que o Bio-HC proporcionou PT superior à observada pelo Bio-HB na aplicação de 100% de N. No entanto, quando se aplicou a maior quantidade (250% de N), a PT observada com a aplicação do Bio-HB foi superior à verificada com o Bio-HC (Tabela 6). Verifica-se, assim, que a aplicação de nitrogênio recomendada por Costa et al. (1998) atendeu a necessidade da cultura com a aplicação de 100 e 250% de N com os biofertilizantes Bio-HC e Bio-HB, respectivamente, corroborando com Gonçalves e Silva (2003), que sugerem ser possível substituir a adubação de origem mineral pela orgânica com consequências positivas na produção e qualidade do produto obtido.

Tabela 6. Produtividades total (PT), comercial (PC) e não comercial (PNC) de cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Fontes	Proporções de Nitrogênio (%)				
	50	100	150	200	250
PT (t ha⁻¹)					
Bio-HB	36,70 a	38,58 b	40,16 a	40,69 a	54,16 a
Bio-HC	37,16 a	59,32 a	47,61 a	46,87 a	34,57 b
PC (t ha⁻¹)					
Bio-HB	28,74 a	32,32 b	34,09 b	34,68 a	49,96 a
Bio-HC	31,43 a	57,30 a	43,79 a	40,92 a	27,38 b
PNC (t ha⁻¹)					
Bio-HB	7,96 a	6,26 a	6,07 a	6,01 a	4,20 b
Bio-HC	5,73 b	2,01 b	3,82 b	5,95 a	7,19 a

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a PC observou-se diferença significativa nas aplicações de 100, 150 e 250% de N, sendo que o Bio-HC proporcionou PC superior às verificadas pelo Bio-HB nas aplicações de 100 e 150% de N. Todavia, quando se aplicou 250% de N, o Bio-HB proporcionou PC superior ao Bio-HC (Tabela 6). Já para a PNC, nas quantidades 50, 100 e 150% de N o Bio-HB superou o Bio-HC. Por outro lado, quando se aplicou 250% de N, o maior número de refugos de cebola foi obtido com a aplicação do Bio-HC.

Os rendimentos comerciais alcançados neste trabalho, independente do biofertilizante utilizado, foram superiores aos alcançados por Menezes Júnior et al. (2013), os quais, estudando a influência da adubação orgânica e o uso de biofertilizantes na produtividade da cebola, cv. Epagri 352 Bola Precoce, obtiveram rendimento comercial de 17,72 e 17,53 t ha⁻¹ para a aplicação via fertirrigação dos biofertilizantes produzidos à base de esterco de peru e de bovino, respectivamente. Segundo Bravo e Mandado et al. (2014), o alto conteúdo de ácidos húmicos e fúlvicos presente no biofertilizante de húmus de minhoca o torna colaborador eficaz nas funções fitoreguladoras do crescimento vegetativo das plantas de cebola, o que de acordo com Kandil et al. (2013) e Bettoni et al. (2016) promovem incrementos na produtividade e qualidade desta olerácea.

Com relação à produção classificada dos bulbos de cebola, não se observou interação significativa entre fontes e quantidades aplicadas dos biofertilizantes. Para as classes C1, C2 e C4 não houve ajuste de nenhuma equação, obtendo-se os valores médios de 17,50; 34,49 e 5,17%, respectivamente (Figuras 4A, 4B e 4D). Já para a classe C3, foi verificado um comportamento crescente até a aplicação de 97,41% de N, onde se observou valor máximo de 48,91% de bulbos C3 (Figura 4C) confirmando, assim, a eficiência dos biofertilizantes

utilizados neste trabalho, já que os bulbos classificados como C3 possuem maior valor agregado em virtude da maior preferência pelos consumidores.

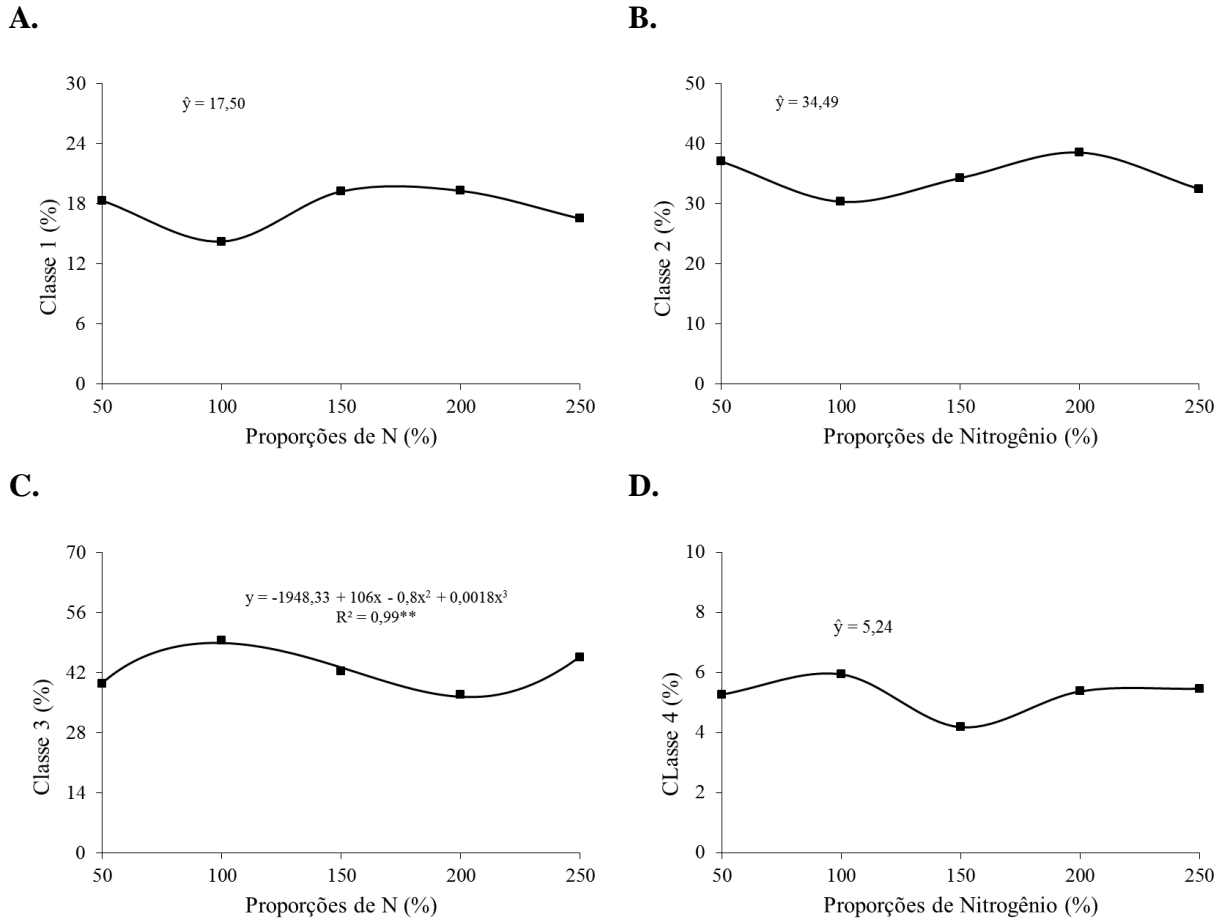


Figura 4. Porcentagem de bulbos de cebola nas classes 1 (A), 2 (B), 3 (C) e 4 em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Em função das fontes de biofertilizantes utilizadas, as classes de bulbos de cebola não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 7). Isto se deve, possivelmente, aos altos teores de fósforo e potássio presentes no solo antes do plantio da cebola (Tabela 1), bem como à adubação de fundação realizada com $10,0 \text{ t ha}^{-1}$ de esterco bovino. De acordo com Menezes Júnior et al. (2013), o uso do adubo orgânico em fundação atua como um homogeneizador da produção de bulbos de cebola.

Tabela 7. Classificação de bulbos de cebola (C1, C2, C3 e C4) em função de fontes de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Fontes	C1	C2	C3	C4
	----- (%) -----			
Bio-HB	21,10 a	35,18 a	39,51 a	4,21 a
Bio-HC	13,89 a	33,81 a	46,02 a	6,28 a

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve interação significativa entre as fontes e as quantidades de biofertilizantes aplicadas para o diâmetro longitudinal, o diâmetro transversal e o índice de formato de bulbos. Mesmo comportamento foi observado para as massas secas da parte aérea, do bulbo e total.

Para os diâmetros longitudinal (DLB) e transversal do bulbo (DTB) foram observados pequenos acréscimos, em função das quantidades aplicadas de biofertilizantes, com valores máximos de 50,88 e 60,76 mm quando se aplicou 78,12 e 67,60% de N, respectivamente (Figuras 5A e 5B).

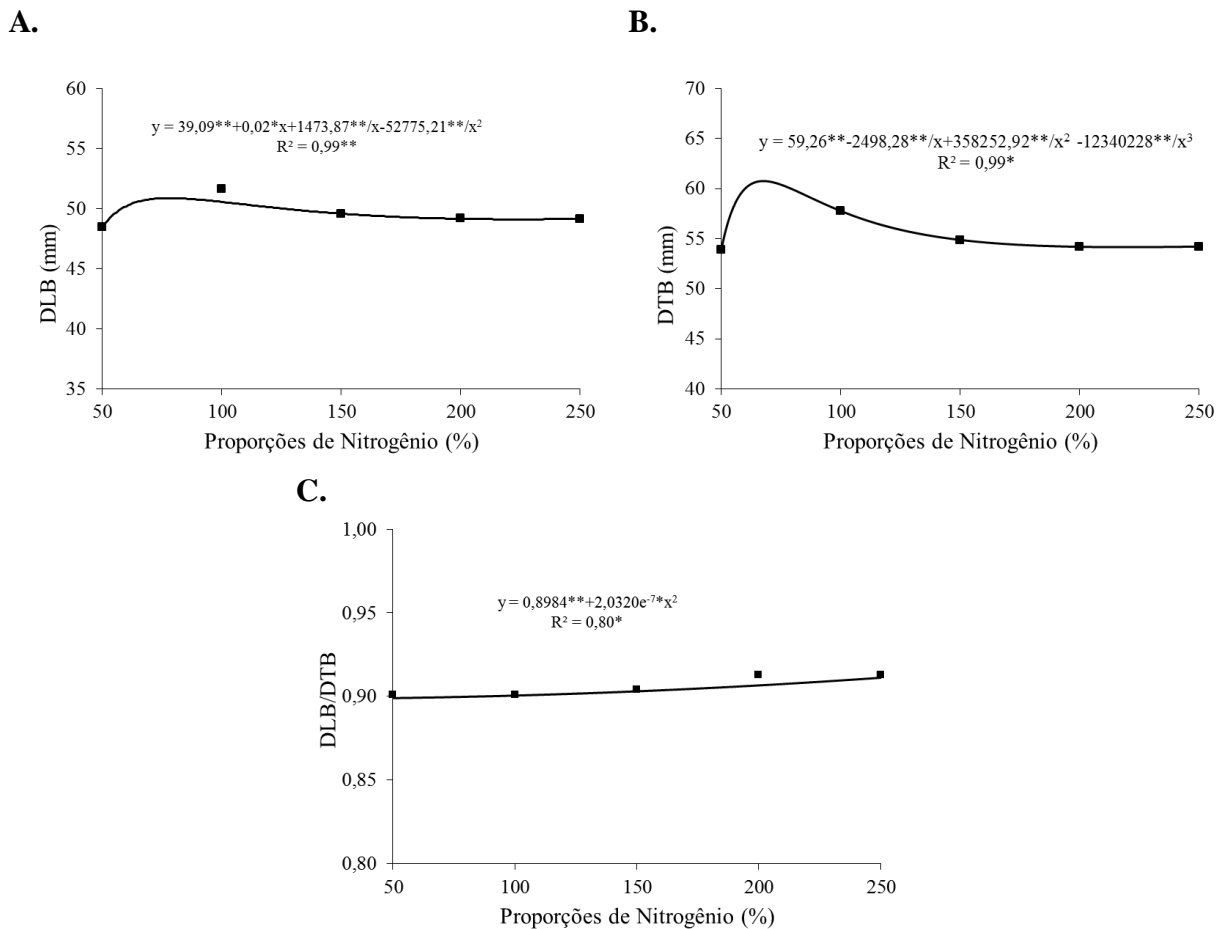


Figura 5. Diâmetros longitudinal (A), transversal (B) e índice de formato de bulbos de cebola (C) em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Para o índice de formato de bulbos (DLB/DTB) observou-se tendência ao leve aumento, verificando-se o valor máximo de 0,91 quando se aplicou 250% de N, o que corresponde ao acréscimo de 1,10% (0,01) no formato do bulbo em relação à aplicação de 50% de N (Figura 5C).

Já em função das fontes de biofertilizantes, o DLB, o DTB e o índice DLB/DTB não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 8). O DTB permite classificar os bulbos em classes, sendo, portanto, uma das características mais importantes para se avaliar. Os valores médios do DTB, independente da fonte de biofertilizante aplicada, coloca os bulbos de cebola do presente trabalho na classe 3 (diâmetro com 50 - 75 mm), resultado esse diferente do encontrado por Bettoni et al. (2013), os quais, estudando o cultivo de cebola em sistema orgânico, obtiveram para a cv. Vale Ouro IPA-11 o DTB igual a 37,78 mm, o que o classifica na classe 2 (diâmetro com 35 - 50 mm). O valor médio obtido para o índice DLB/DTB foi de 0,91 para ambos os biofertilizantes (Tabela 8). De acordo com a classificação proposta pela Ceagesp (2001), essa relação de formato dos bulbos classifica-os no Grupo 1 (redondo, oblongo ou periforme), tendo este a maior preferência do mercado consumidor.

Tabela 8. Diâmetros longitudinal (DLB) e transversal (DTB) do bulbo, índice de formato de bulbo (DLB/DTB), massas secas da parte aérea (MSPA), do bulbo (MSB) e total (MST) de cebola em função de fontes de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Fontes	DLB	DTB	DLB/DTB
	----- (mm) -----		-
Bio-HB	48,52 a	53,86 a	0,91 a
Bio-HC	50,67 a	56,12 a	0,91 a
	MSPA	MSB	MST
	----- (t ha ⁻¹) -----		
Bio-HB	1,33 a	6,68 a	8,01 a
Bio-HC	1,51 a	7,17 a	8,68 a

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para as massas secas da parte aérea (MSPA) e total (MST) observou-se crescimento, em função das quantidades aplicadas dos biofertilizantes, obtendo-se, respectivamente, valores máximos de 1,48 e 8,93 t ha⁻¹ nas aplicações de 250 e 223,96% de N (Figuras 6A e 6C). Com relação à massa seca do bulbo (MSB), não houve ajuste de nenhuma equação, observando-se valor médio de 7,05 t ha⁻¹ (Figura 6B). De acordo com Marschner (2012), o conhecimento dos padrões de acúmulo de massa seca de uma cultura permite entender melhor os fatores relacionados com a nutrição mineral e conseqüentemente com a adubação, visto que a absorção de nutrientes é influenciada pela taxa de crescimento da planta.

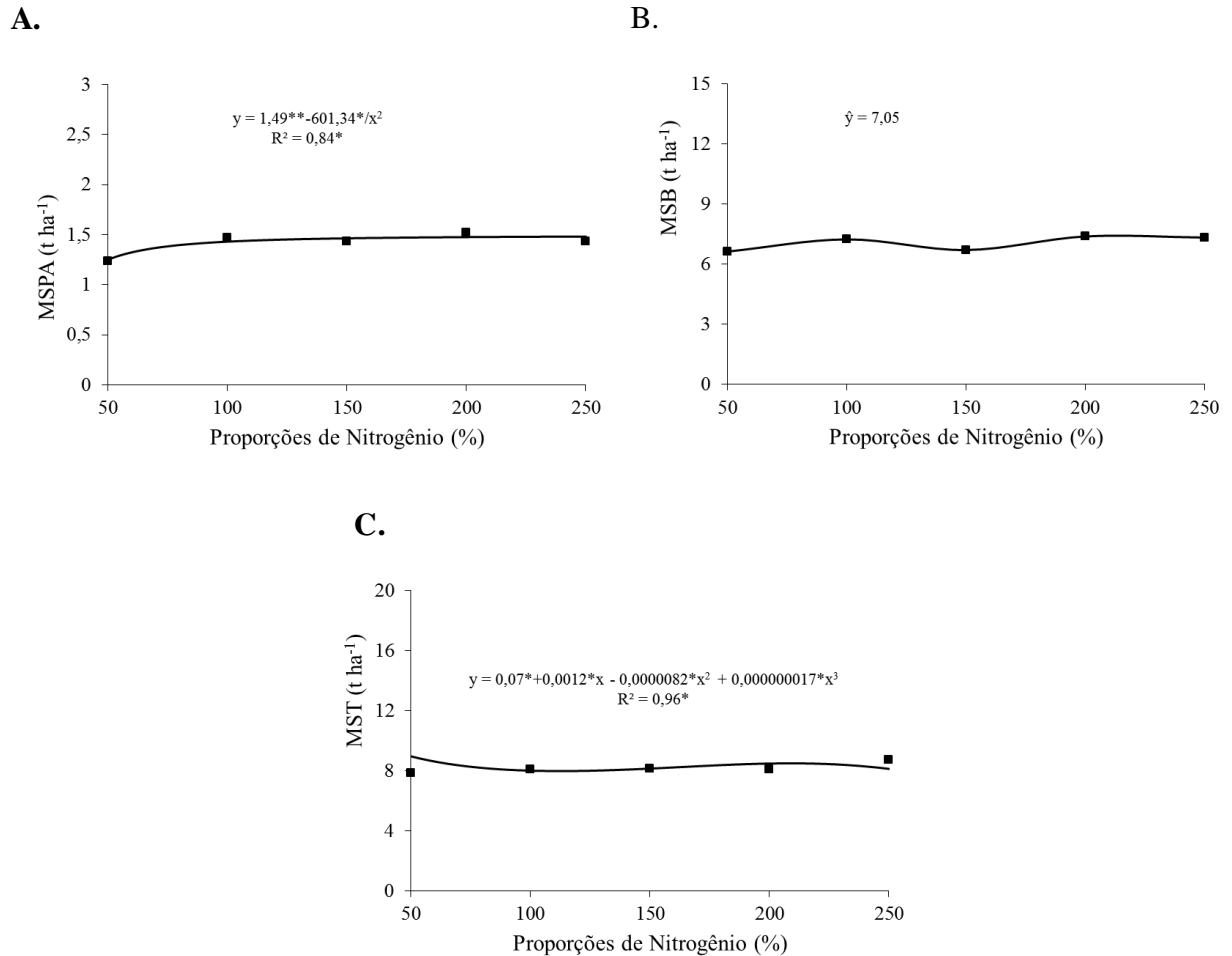


Figura 6. Massas secas da parte aérea (A), do bulbo (B) e total (C) de cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Os valores médios da MST, em função das fontes de biofertilizantes, não diferiram estatisticamente entre si obtendo-se 8,01 e 8,68 t ha⁻¹ com as aplicações dos biofertilizantes Bio-HB e Bio-HC, respectivamente, sendo que da MST obtida com o Bio-HB, 16,60% (1,33 t ha⁻¹) foi distribuída para a parte aérea e 83,40% (6,68 t ha⁻¹) para o bulbo, enquanto que com a aplicação do Bio-HC obteve-se 17,40% (1,51 t ha⁻¹) para a parte aérea e 82,60% (7,17 t ha⁻¹) para o bulbo (Tabela 8). Estes valores estão bem próximos aos encontrados por Marrocos et al. (2009), os quais, estudando o crescimento e o acúmulo de nutrientes em cebola, observaram para a cultivar Vale Ouro IPA-11 acúmulos de 16,00 e 84,00% da massa seca na parte aérea e bulbo, respectivamente. De acordo com Brewster (2008), por ocasião do desenvolvimento dos bulbos, há redistribuição de fotoassimilados e outros compostos das folhas para os bulbos, resultando na redução da massa seca das folhas e aumento na massa seca dos bulbos.

3.2 Qualidade da cebola

Houve interação significativa entre as fontes e as quantidades aplicadas de biofertilizantes para a acidez titulável, relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável e potencial hidrogeniônico. Para os sólidos solúveis, a pungência e a firmeza não se observou interação significativa entre os fatores estudados. Para a acidez titulável (AT) observou-se, em função das quantidades aplicadas do Bio-HB, valor máximo de 0,37% de ácido pirúvico obtido com o fornecimento de 250% de N. Por outro lado, quando se aplicou o Bio-HC não houve ajuste de nenhuma equação para a AT, observando-se o valor médio de 0,37% de ácido pirúvico (Figura 7B). Esses valores classificam a cebola Vale Ouro IPA-11 como sendo de “acidez elevada” ($> 0,30\%$ de ácido pirúvico) (MIGUEL et al., 2004), sendo esta uma característica desejável para a industrialização (CHAGAS et al., 2004).

A relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT) teve comportamento decrescente em função do incremento nas quantidades aplicadas do Bio-HB, com valor máximo de 29,47 obtido com a aplicação de 50% de N, correspondendo ao decréscimo de 12,32% para essa característica em relação à maior quantidade aplicada (250% de N). Já em função da aplicação do Bio-HC, não houve ajuste de nenhuma equação para os dados da relação SS/AT, observando-se valor médio de 25,92 (Figura 7C).

Para o potencial hidrogeniônico (pH), em função das quantidades aplicadas do Bio-HB, houve um aumento dessa característica até o valor máximo de 5,44 com o fornecimento de 202,39% de N. Já em função da aplicação do Bio-HC observou-se comportamento decrescente do pH, obtendo-se o valor máximo de 5,38 com o fornecimento de 50% de N, correspondendo ao decréscimo de 0,98% (0,12) em relação à aplicação de 250% de N com esse biofertilizante (Figura 7D).

Com relação aos sólidos solúveis (SS) observou-se comportamento decrescente, em função das quantidades aplicadas dos biofertilizantes, obtendo-se o valor máximo de 9,67 °Brix com a aplicação de 50% de N, correspondendo ao decréscimo de 3,4% (0,33 °Brix) em relação à aplicação de 250% de N com os biofertilizantes (Figura 7A). A redução nos SS ocorreu, possivelmente, devido ao efeito diluição, uma vez que o aumento das quantidades de N favoreceu a produção de bulbos de maior tamanho ocasionando diluição dos açúcares. Este resultado está de acordo com o encontrado por Rodrigues et al. (2015), onde em cultivo convencional da cebola encontraram redução no teor de SS com o incremento das aplicações de N.

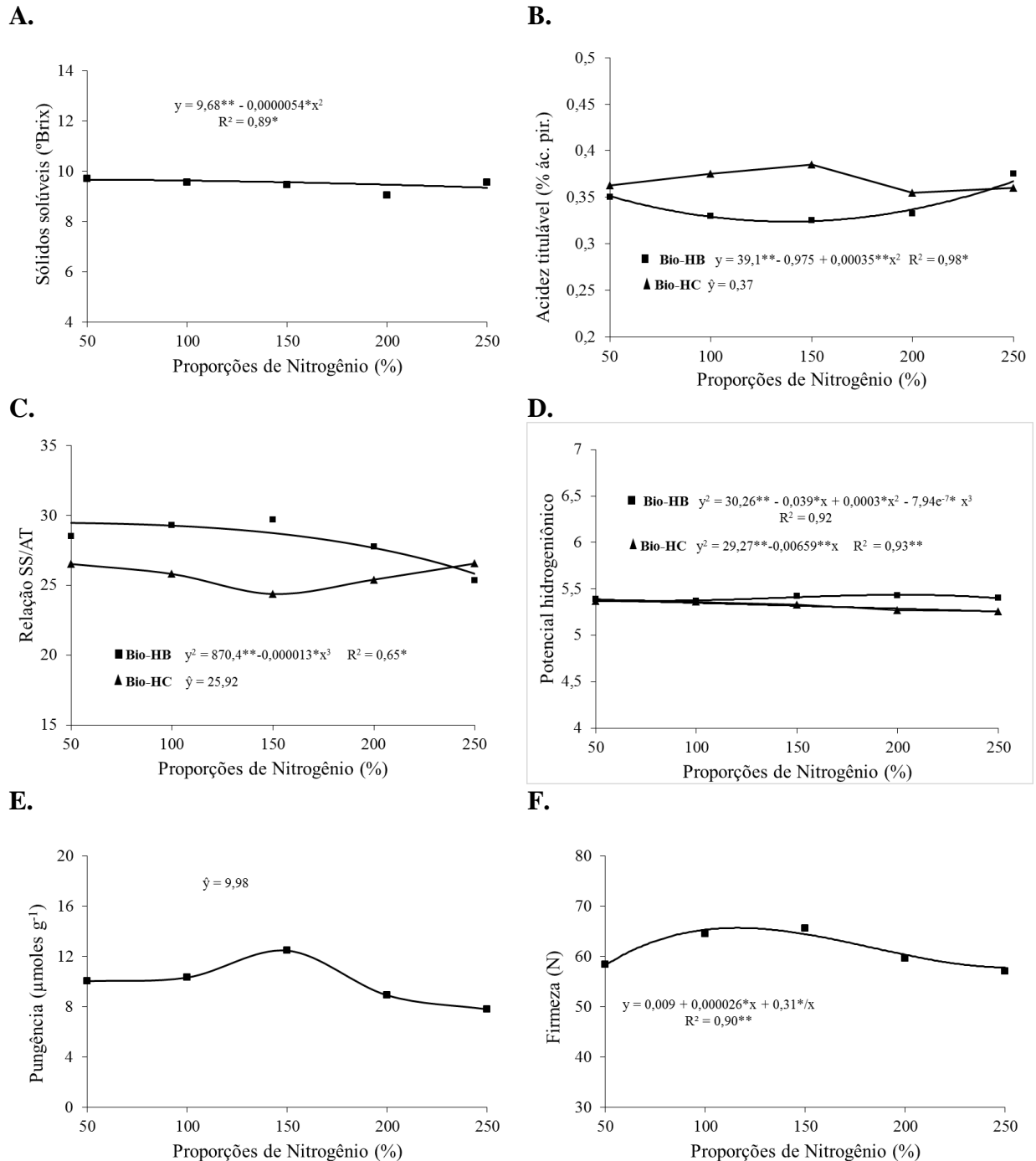


Figura 7. Sólidos solúveis (A), acidez titulável (B), relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável (C), potencial hidrogeniônico (D), pungência (E) e firmeza (F) de bulbos de cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Os valores de SS obtidos no presente trabalho estão próximos aos verificados por Rodrigues et al. (2015), entre 9,17 - 9,87 °Brix, e inferiores aos reportados por Novo Júnior et al. (2016), entre 10,05 - 10,60 °Brix, em trabalhos conduzidos com adubação convencional com a cultivar Vale Ouro IPA-11 na cidade de Mossoró-RN.

Os dados da pungência (PUNG), em função das quantidades aplicadas dos biofertilizantes, não se ajustaram a nenhuma equação, obtendo-se valor médio de 9,98 $\mu\text{moles g}^{-1}$ (Figura 7E). De acordo com a classificação de Vidalialabs (2004), os bulbos de cebola produzidos neste trabalho foram classificados como “picantes” (8,0 - 10,0 $\mu\text{moles g}^{-1}$). Este resultado difere dos encontrados por Rodrigues et al. (2015) e Novo Júnior et al. (2016), os quais trabalhando com a cebola Vale Ouro IPA-11 em sistema convencional, nas mesmas condições ambientais do presente estudo, classificaram os bulbos como levemente pungente (4,3 - 5,5 $\mu\text{moles g}^{-1}$) e pungência muito forte (7,0 - 7,9 $\mu\text{moles g}^{-1}$), respectivamente.

A elevada PUNG constatada no presente estudo deve-se, possivelmente, à maior absorção de enxofre (S) pela cebola em virtude do maior fornecimento desse nutriente na forma orgânica com a aplicação dos biofertilizantes, corroborando, assim, com Kurtz et al. (2018), os quais afirmam que mais de 90% do S do solo está ligado à matéria orgânica. Ainda de acordo com esses autores, a quantidade de compostos à base de S é quem determina a PUNG da cebola, sendo esta, de acordo com Anthon e Barrett (2003), uma característica de extrema importância, haja vista que a elevação de seus teores acentua o sabor e o aroma do produto, o que é desejado pelos consumidores.

Para a firmeza (FIRM) dos bulbos de cebola verificou-se, em função das quantidades aplicadas dos biofertilizantes, valor máximo de 65,35 Newton (N) obtido com 109,41% de N, observando-se, a partir deste ponto, redução para essa característica atingindo o menor valor (57,55 Newton) com a aplicação de 250% de N, correspondendo ao decréscimo de 11,94% (7,8 Newton) (Figura 7F).

Realizando-se o desdobramento das fontes dentro das quantidades aplicadas dos biofertilizantes, verificou-se maior AT quando se aplicou 100 e 150% de N com o Bio-HC, obtendo-se os valores médios de 0,37 e 0,38% de ácido pirúvico, respectivamente (Tabela 9). As aplicações de 100 e 150% de N com o Bio-HC, possivelmente, favoreceu o maior acúmulo de ácidos orgânicos, já que de acordo com Resende et al. (2010) a AT está correlacionada com o teor de ácidos orgânicos presentes no suco ou no bulbo.

Tabela 9. Acidez titulável (AT), relação entre os sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), pungência (PUNG) e firmeza (FIRM) de bulbos de cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Fontes	Proporções de Nitrogênio (%)				
	50	100	150	200	250
AT (% de ác. pir.)					
Bio-HB	0,35 a	0,33 b	0,32 b	0,32 a	0,38 a
Bio-HC	0,36 a	0,37 a	0,38 a	-0,35 a	0,36 a
SS/AT					
Bio-HB	28,50 a	29,30 a	29,71 a	27,75 a	25,36 a
Bio-HC	26,53 a	25,82 b	24,38 b	25,41 a	26,57 a
pH					
Bio-HB	5,39 a	5,37 a	5,42 a	5,43 a	5,40 a
Bio-HC	5,37 a	5,36 a	5,33 b	5,27 b	5,26 b
	SS (°Brix)		PUNG (% ác. pir. g ⁻¹)		FIRM (Newton)
Bio-HB	9,56 a		9,44 a		69,67 a
Bio-HC	9,37 a		10,35 a		68,51 a

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a relação SS/AT as maiores médias foram observadas quando se aplicou o Bio-HB nas proporções de 100 e 150% de N sendo superior ao Bio-HC (Tabela 9). Para Chitarra e Chitarra (2005), a relação SS/AT é uma das melhores formas de avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez, pois reflete o balanço entre açúcares e ácidos. Já o pH mostrou-se superior quando se aplicou o Bio-HB, com exceção para as aplicações de 50 e 100% do N recomendado (Tabela 9). Da mesma forma que a acidez, o pH está vinculado ao nível de ácidos orgânicos, ou seja, quanto maior o conteúdo de ácidos orgânicos, mais ácido fica o meio e menor o pH (BERNO, 2013), tendo relação inversa à acidez (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

3.3 Diagnose foliar da cebola

Houve interação significativa entre as fontes e as quantidades aplicadas de biofertilizantes para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) da folha diagnóstica da cebola. Já para os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) não houve interação significativa entre os fatores. A falta de interação entre os tratamentos e os teores de Ca e Mg da folha diagnóstica deve-se, possivelmente, às concentrações desses nutrientes no solo e na água de irrigação utilizada no experimento.

Os dados de N da folha diagnóstica, em função das quantidades aplicadas dos biofertilizantes, não se ajustaram a nenhuma equação, obtendo-se os valores médios de 16,61 e 17,91 g kg⁻¹ para o Bio-HB e Bio-HC, respectivamente (Figura 8A). Esses valores estão abaixo da faixa adequada de N (25,0 - 40,0 g kg⁻¹) recomendada por Kurtz et al. (2018). Entretanto, os valores de N foliar foram suficientes para garantir as altas produtividades reportadas neste trabalho, devendo-se, provavelmente, ao equilíbrio nutricional advindo das aplicações dos biofertilizantes, já que ao se aumentar a quantidade aplicada eleva-se também o fornecimento de todos os nutrientes presentes no adubo orgânico.

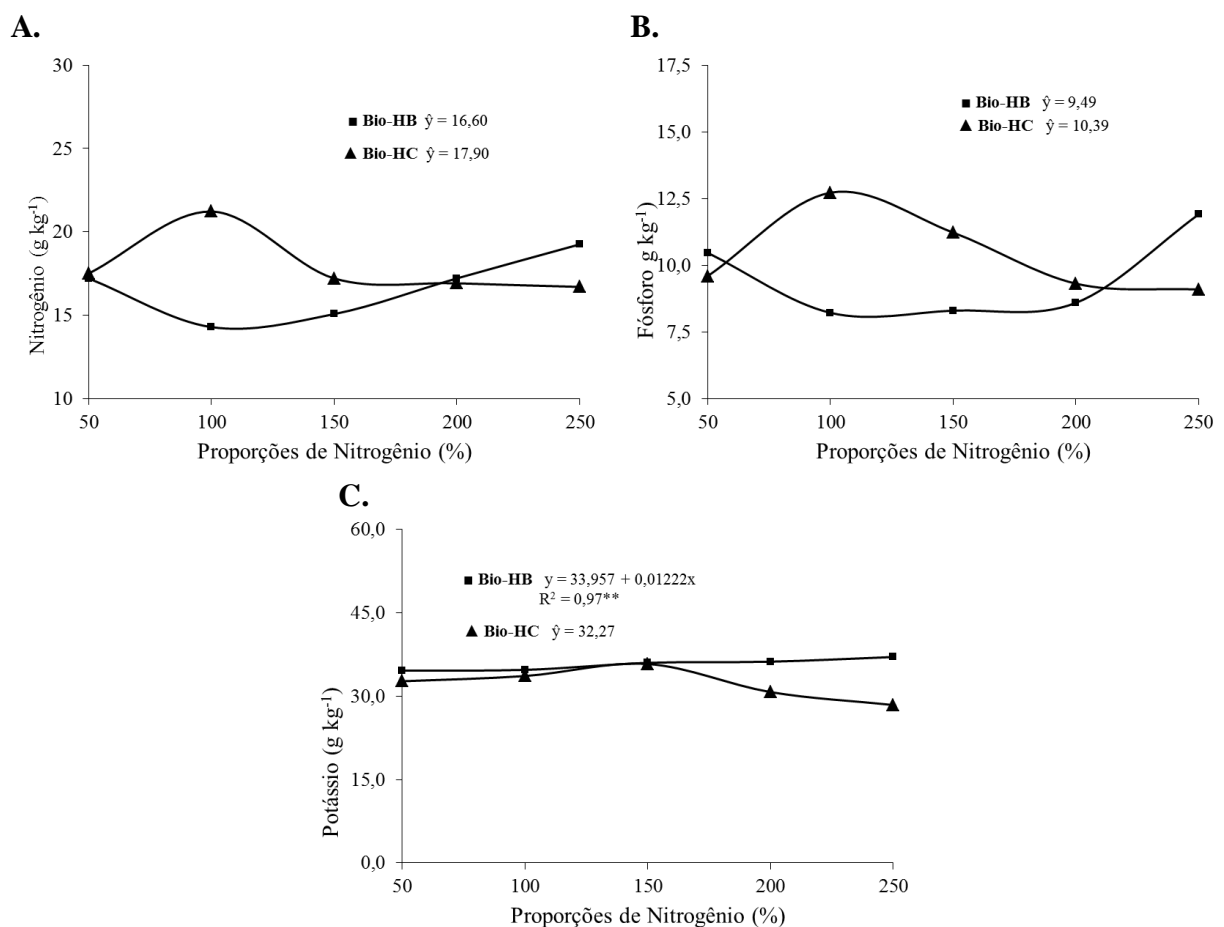


Figura 8. Teores de nitrogênio (A), fósforo (B) e potássio (C) na folha diagnóstica da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Para o P da folha diagnóstica, em função das quantidades aplicadas de biofertilizantes, não houve ajuste de nenhuma equação, observando-se, respectivamente, valores médios de 9,50 e 10,59 g kg⁻¹ para o Bio-HB e Bio-HC (Figura 8B). Esses valores encontrados superam a faixa de P tida como adequada (2,0 - 4,0 g kg⁻¹) por Kurtz et al. (2018). O valor de P da folha diagnóstica encontrado neste trabalho também superou o resultado alcançado por Novo

Júnior et al. (2016), os quais, estudando o efeito da adubação fosfatada sobre a cultura da cebola, nas mesmas condições ambientais do presente trabalho, alcançaram o valor máximo de $6,34 \text{ g kg}^{-1}$.

O elevado teor de P, constatado na folha diagnóstica da cebola do presente estudo, é decorrente da alta concentração de P no solo antes da implantação da cultura (Tabela 1), bem como do fornecimento de P através da aplicação dos biofertilizantes. Esta afirmação é reforçada por Silva (2012), o qual afirma que a absorção de P pela planta está mais ligada a sua concentração e a disponibilidade no solo, do que a aplicação deste através de fertilizantes químicos, ou seja, a mínima aplicação de matéria orgânica ao solo pode suprir a necessidade da cultura para o crescimento vegetativo, desde que a concentração deste elemento no solo seja alta.

Para o teor de K da folha diagnóstica observou-se incremento em função das quantidades aplicadas do Bio-HB, obtendo-se valor máximo de $37,01 \text{ g kg}^{-1}$ quando se aplicou 250% de N, o que corresponde ao acréscimo de 6,59% ($2,44 \text{ g kg}^{-1}$) em relação à menor quantidade aplicada com esse biofertilizante (50% de N). Todavia, não se observou ajuste de nenhuma equação para o teor de K da folha diagnóstica para as aplicações do Bio-HC, verificando-se valor médio de $32,27 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 8C). Os valores encontrados neste trabalho, independente da fonte de biofertilizante aplicada, encontram-se dentro da faixa recomendada ($20,0 - 50,0 \text{ g kg}^{-1}$) por Kurtz et al. (2018) para o bom desenvolvimento da cebola.

Vale destacar que o comportamento produtivo da cebola, quando se aplicou o Bio-HB, seguiu a mesma tendência observada para o teor de K verificado na folha diagnóstica, enquanto que, com a aplicação do Bio-HC, constatou-se o mesmo comportamento observado para os teores de N e P foliar. Assim, em sistema orgânico, e a depender da fonte de adubo utilizada, o comportamento produtivo da cebola poderá acompanhar a tendência de um desses macronutriente. Por isso mesmo é que a CQFS-RS/SC (2016) afirma que o cálculo da adubação orgânica é feito com base nas concentrações de N, P ou K. Além disso, de acordo com Higashikawa e Menezes Júnior (2017) é impossível considerar todos os nutrientes em conjunto para definir a dose do adubo orgânico.

Os metabólitos que contêm N são em grande parte ativadores enzimáticos, além de participarem dos processos de absorção de íons, fotossíntese, respiração, sínteses bioquímicas e crescimento vegetativo. O P é parte essencial da estrutura de ésteres de carboidratos, fosfolipídeos, coenzimas e ácidos nucleicos (ATP e ADP), desempenhando também um papel fundamental na respiração, seja no desdobramento inicial da glicose, seja no armazenamento,

na transferência e utilização da energia gerada no processo (TRANI et al., 2014). Já o K atua nos processos osmóticos, na abertura e fechamento estomático, na permeabilidade das membranas, na síntese de proteínas, como ativador enzimático, no crescimento meristemático, na fotossíntese, no transporte e no armazenamento de carboidratos (MARSCHNER, 2012) e possui grande importância na qualidade dos produtos (KURTZ et al., 2018).

Analisando o comportamento das fontes dentro das quantidades aplicadas dos biofertilizantes, observou-se diferença significativa entre os valores médios do teor de N da folha diagnóstica apenas quando se aplicou 100% de N, sendo que o Bio-HC proporcionou maior teor de N da folha em comparativo com o Bio-HB (Tabela 10). Isto ocorreu devido ao fato do Bio-HC ter, possivelmente, favorecido o maior conteúdo de nitrato na seiva da planta. Esta informação corrobora com Kurtz (2015), o qual observou boa correlação entre os teores de nitrato na seiva com o teor de N foliar.

Tabela 10. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) da folha diagnóstica da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Fontes	Proporções de Nitrogênio (%)				
	50	100	150	200	250
N (g kg⁻¹)					
Bio-HB	17,21 a	14,29 b	15,07 a	17,21 a	19,25 a
Bio-HC	17,50 a	21,22 a	17,21 a	16,92 a	16,70 a
P (g kg⁻¹)					
Bio-HB	10,47 a	8,22 b	8,30 b	8,59 a	11,90 a
Bio-HC	9,59 a	12,72 a	11,22 a	9,31 a	9,09 b
K (g kg⁻¹)					
Bio-HB	34,63 a	34,76 a	36,02 a	36,23 a	37,07 a
Bio-HC	32,70 a	33,65 a	35,81 a	30,76 b	28,44 b

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o teor de P da folha diagnóstica observou-se diferença entre as fontes de biofertilizantes nas aplicações de 100, 150 e 250% de N, sendo que o Bio-HC, por possuir em sua composição 55,55% de P a mais em relação ao Bio-HB, proporcionou teor de P foliar superior aos verificados pelo Bio-HB nas aplicações de 100 e 150% de N. Entretanto, quando se aplicou 250% de N, o Bio-HB proporcionou o maior teor de P da folha diagnóstica. Comportamento diferente foi observado para o K, onde diferenças significativas foram observadas quando se aplicou as quantidades de 200 e 250% de N com o Bio-HB proporcionando maior teor de K da folha diagnóstica que o Bio-HC (Tabela 10).

Para o teor de Mg da folha diagnóstica da cebola verificou-se, em função das quantidades aplicadas dos biofertilizantes, valor máximo de $3,69 \text{ g kg}^{-1}$ obtido na aplicação de 114,91% de N, observando-se, a partir deste ponto, redução para essa característica atingindo o menor valor ($2,82 \text{ g kg}^{-1}$) com a aplicação de 232,20% de N, correspondendo ao decréscimo de 23,58% ($0,87 \text{ g kg}^{-1}$) (Figura 9A). Já o Ca da folha diagnóstica não se ajustou a nenhuma equação, observando-se valor médio de $8,14 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 9B).

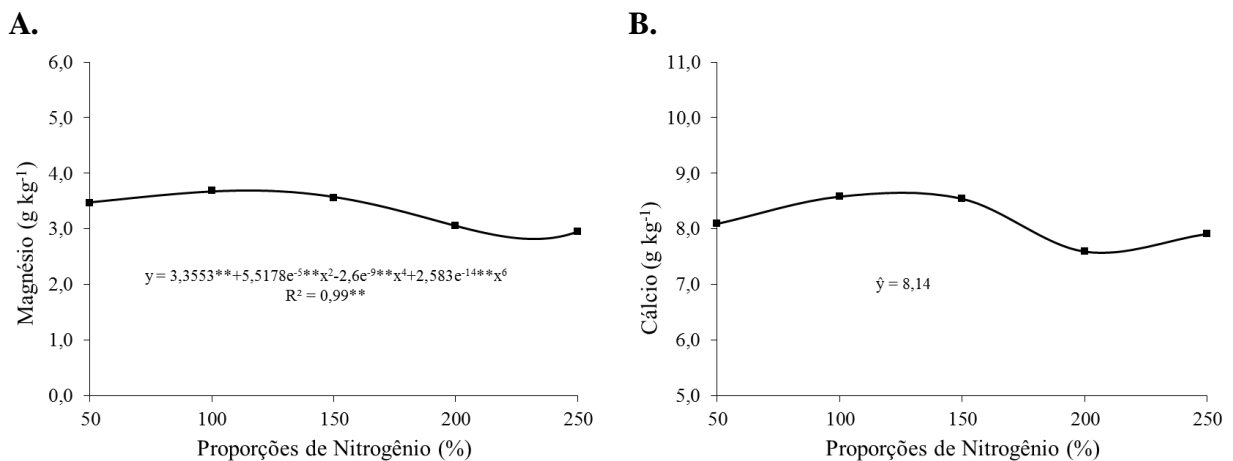


Figura 9. Teores de magnésio (A) e cálcio (B) da folha diagnóstica da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

O Bio-HB proporcionou maior teor de Mg da folha diagnóstica em comparação ao Bio-HC, verificando-se os valores de $3,55$ e $3,14 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente (Tabela 11). Esses valores estão dentro da faixa de $2,0 - 4,0 \text{ g kg}^{-1}$, tida como adequada para o melhor desenvolvimento da cebola por Kurtz et al. (2018). Já os teores de Ca da folha diagnóstica, em função das fontes de biofertilizantes utilizadas, não diferiram estatisticamente entre si, obtendo-se com as aplicações dos biofertilizantes Bio-HB e Bio-HC os valores médios de $8,56$ e $7,71 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente (Tabela 11), estando estes valores dentro da faixa adequada de Ca ($7,0 - 30 \text{ g kg}^{-1}$) recomendada por Kurtz et al. (2018).

Tabela 11. Teores de magnésio (Mg) e cálcio (Ca) da folha diagnóstica da cebola em função de fontes de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Fontes	Mg	Ca
	----- (g kg ⁻¹) -----	
Bio-HB	3,55 a	8,56 a
Bio-HC	3,14 b	7,71 a

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com exceção dos teores de N e P, que ficaram abaixo e acima, respectivamente, da faixa tida como ideal para o melhor desenvolvimento da cebola, os macronutrientes K, Ca e Mg encontraram-se dentro da faixa suficiente para o bom desenvolvimento dessa hortaliça, fato este que resultou no alto rendimento alcançado no presente trabalho, confirmando ser possível garantir uma boa nutrição às plantas de cebola em sistema orgânico de produção.

3.4 Indicadores econômicos

Analisando-se os indicadores econômicos, em função das fontes e quantidades aplicadas de biofertilizantes, observou-se que a renda bruta (RB), a renda líquida (RL), a taxa de retorno (TR) e o índice de lucratividade (IL) foram positivos para todos os tratamentos, demonstrando, assim, que a adubação da cebola com o Bio-HB e o Bio-HC, independente da quantidade aplicada no presente estudo, é uma alternativa viável economicamente para os produtores de cebola da região (Tabela 12).

Tabela 12. Produtividade comercial média observada (PC), renda bruta (RB), custo de produção (CP), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) de cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Quantidades (%)	PC (t ha ⁻¹)	RB	CP (R\$ ha ⁻¹)	RL	TR (R\$)	IL (%)
Biofertilizante Bio-HB						
50	28,74	27.303,00	18.858,54	8.444,46	1,45	30,93
100	32,32	30.704,00	21.128,01	9.575,99	1,45	31,19
150	34,09	32.385,50	22.862,18	9.523,32	1,42	29,41
200	34,68	32.946,00	24.555,95	8.390,05	1,34	25,47
250	49,96	47.462,00	27.835,42	19.626,58	1,70	41,35
Biofertilizante Bio-HC						
50	31,43	29.858,50	18.324,25	11.534,25	1,63	38,93
100	57,30	54.435,00	22.523,83	31.911,17	2,42	58,62
150	43,79	41.600,50	22.491,51	19.108,99	1,85	45,93
200	40,92	38.874,00	23.408,59	15.465,41	1,66	39,78
250	27,38	26.011,00	22.941,97	3.069,03	1,13	11,80

No entanto, os maiores valores obtidos para a RB, RL, TR e IL foram de R\$ 47.462,00 ha⁻¹, R\$ 19.626,58 ha⁻¹, R\$ 1,70 e 41,35%, com o fornecimento de 250% de N com o Bio-HB, e de R\$ 54.435,00 ha⁻¹, R\$ 31.911,17 ha⁻¹, R\$ 2,42 e 58,62% com a aplicação de 100% de N com o Bio-HC, respectivamente (Tabela 12).

Esses valores expressam a viabilidade econômica nesse sistema de cultivo, indicando que a cada R\$ 1,00 investido na produção da cebola com a aplicação dos biofertilizantes o produtor terá de retorno R\$ 1,70 e R\$ 2,42 com o fornecimento de 250 e 100% de N com o Bio-HB e o Bio-HC, respectivamente. Esses valores foram superiores ao encontrado por Madail et al. (2009), os quais obtiveram retorno de R\$ 1,04 para cada R\$ 1,00 investido na cebola cultivada em sistema orgânico.

Os valores do IL de 41,35; 58,62% e RL de R\$ 19.626,58; 31.911,17 ha⁻¹ alcançados com a aplicação de 250 e 100% de N com o Bio-HB e o Bio-HC, respectivamente, refletem a vantagem econômica do cultivo da cebola com os biofertilizantes. Esses valores do IL verificados no presente estudo superaram os encontrados por Madail et al. (2009), os quais, estudando a cebola em sistema orgânico, encontraram IL de 3,89%. De acordo com Silva et al. (2017), a lucratividade evidencia a rentabilidade da atividade agropecuária, já que mostra a taxa disponível de receita da atividade após o pagamento de todos os custos operacionais.

Cabe também ressaltar o comportamento semelhante observado para a PC, RB, RL, TR e IL demonstrando, assim, que a superioridade agronômica obtida através da maior PC da cebola com a aplicação dos biofertilizantes traduziu-se também em vantagens econômicas. Desta forma, recomenda-se ao produtor fazer uso da fonte desse adubo mais condizente com a sua realidade. No entanto, dependendo da disponibilidade da matéria-prima para a produção do biofertilizante, a utilização do Bio-HC mostra-se mais vantajosa para o produtor, tendo em vista a maior RB, RL, TR e IL alcançadas com o custo de produção (CP) inferior ao encontrado para o Bio-HB e, conseqüentemente, menor risco financeiro decorrente do menor investimento na atividade, além da maior praticidade devido à redução na quantidade do biofertilizante a ser manuseada durante o processo.

4 CONCLUSÕES

O maior desempenho agroeconômico da cebola foi obtido com a aplicação de 100 e 250% de nitrogênio com os biofertilizantes de húmus de minhoca de esterco caprino e bovino, respectivamente.

Os teores de K, Ca e Mg na folha diagnóstica, para ambos os biofertilizantes, ficaram dentro da faixa ótima para o bom desenvolvimento da cebola.

O sistema de cultivo orgânico de cebola, em condições de alta fertilidade do solo, mostra-se viável com o uso dos biofertilizantes de húmus de minhoca produzido à base de esterco caprino e bovino. Todavia, torna-se necessário a condução de trabalhos posteriores em solos de menor fertilidade, a fim de comprovar a eficiência dos biofertilizantes.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO, v. 56, p.0254-5293, 2006.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANTHON, G. E.; BARRETT, D. M. Modified method for the determination of pyruvic acid with dinitrophenylhydrazine in the assessment of onion pungency. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New York, v. 83, n. 12, p. 1210-1213. 2003.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 16 ed., Virginia: AOAC, 1995. v. 2, chapter 30, p:2.

BERNO, N. D. **Processamento mínimo de cebola roxa: aspectos bioquímicos, fisiológicos e microbiológicos**. 2013. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz (ESALQ), Piracicaba, 2019.

BETTONI, M. M.; MÓGOR, Á. F.; DECHAMPS, C.; SILVA, V. C. P.; SASS, M. D.; FABBRIN, E. G. S. Crescimento e produção de sete cultivares de cebola em sistema orgânico em plantio fora de época. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 2139-2152, 2013.

BETTONI, M. M.; MOGOR, A. F.; PAULETTI, V.; GOICOECHEA, N.; ARANJUELO, I.; GARMENDIA, I. Nutritional quality and yield of onion as affected by different application methods and doses of humic substances. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 51, p. 37-44, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Abastecimento e Reforma Agrária. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1995. 1 set. Seção 1, 13513p.

BRAVO, Y. L. P.; MANDADO, L. J. L. Efecto del lixiviado de humus de lombriz sobre indicadores morfológicos en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.). **Centro Agrícola**, Santa Clara, v. 41, n. 4, p. 33-37, 2014.

BREWSTER, J. L. **Onions and other vegetable alliums**. 2 ed. Wellesbourne, UK. 2008. 455p.

CANELLAS, L. P.; DANTAS, D. J.; AGUIAR, N. O.; PERES, L. E. P.; ZSÖGÖN, A.; OLIVARES, F. L.; DOBBSS, L. B.; FAÇANHA, A. R.; NEBBIOSO, A.; PICCOLO, A. Probing the hormonal activity of fractionated molecular humic components in tomato auxin mutants. **Annals of Applied Biology**, v. 159, n. 2, p. 202-211, 2011.

CARVALHO, E. O. C.; LIMA, A. A.; SILVA JUNIOR, A. E. S.; CODOGNOTO, L. C.; SASSO, A. P.; OLIVEIRA, D. J. L. S. F. Efeito de diferentes doses de compostos orgânicos e fertilizantes NPK no desenvolvimento e produtividade de cebola. **Conexões – Ciência e Tecnologia**, Fortaleza, v. 11, n. 4, p. 18-25, 2017.

CEAGESP. Programa brasileiro para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens. **Classificação da cebola (*Allium cepa* L.)**. São Paulo. 2001.

CHAGAS, S. J. R.; RESENDE, G. M.; PEREIRA, L. V. Características qualitativas de cultivares de cebola no Sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 1, p. 102-106, 2004.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. 2005. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**, v. 1, 785p.

COSTA, N. D. et al. Cebola (irrigada): 2ª aproximação. In: CAVALCANTI, F. J. A. et al. (Ed.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**. 2. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA, 1998. p.127.

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.

FERREIRA, D. F. Sisvar: Um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.

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

GONZÁLEZ, R. L.; REYES, M. A. T.; SOSA, D. B. N.; MADAN, D. I.; RAMOS, J. P. El humus de lombriz en la producción de plántulas de *Lycopersicon esculentum* Mill en una comunidad del Estado Cojedes, Venezuela. **Centro Agrícola**, Santa Clara, v. 44, n. 4, p. 23-29, 2017.

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

IAL - Instituto Adolfo Lutz. 2008. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, ed. 1, 1020p,

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 de outubro de 2017.

JANDEL SCIENTIFIC. **Table Curve**: curve fitting software. Corte Madera, CA: Jandel Scientific, p. 280, 1991.

KANDIL, A.; SHARIEF, A.; FATHALLA, F. Onion yield as affected by foliar application with amino and humic acids under nitrogen fertilizer levels. **ESci Journal of Crop Production**, v. 2, n. 1, p. 62-72, 2013.

KURTZ, C. **Acúmulo de nutrientes e métodos de diagnose nutricional de nitrogênio para a cultura da cebola**. Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, PR. 2015. 96p. (Tese de Doutorado).

KURTZ, C.; MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; HIGASHIKAWA, F. S. **Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da cebola**. Florianópolis: Epagri, 2018. p.104 (Epagri, Boletim Técnico, 184).

LAZCANO, C.; DOMÍNGUEZ, J. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility. **Soil nutrients**, New York, v. 10, p. 1-23, 2011.

LEITE, C. A. M. Planejamento da Empresa Rural. Brasília: 1998. v. 4, 66p. Curso de Especialização por Tutoria à Distância.

MADAIL, J. C. M.; LEITE, D. L.; MAUCH, C. Comunicado técnico 210: Análise técnico-econômica de dois sistemas de produção de cebola: orgânico e convencional – estudo de um caso. Pelotas, RS, 2009, 5p.

MARROCOS, S. T. P.; GRANGEIRO, L. C.; OLIVEIRA, F. H. T. Crescimento e acúmulo de nutrientes em cebola IPA 11. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 627-631, 2009.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. 3 ed. San Diego: Academic Press. p.85-133, 2012.

MENEZES JÚNIOR, F. O.; GONÇALVES, P. A. S.; KURTZ, C. Biomassa e extração de nutrientes da cebola sob adubação orgânica e biofertilizantes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 4, p. 642-648, 2013.

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

MIGUEL, A. C. A.; DURIGAN, M. F. B.; DURIGAN, J. F.; MORETTI, C. L. 2004. **Postharvest quality of twelve onion cultivars grown in the southeast of Brazil**. In: International ish symposium on edible alliaceae, p. 235.

NARDI, S.; CARLETTI, P.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A. (2009) Biological activities of humic substances. In: SENESI, N.; XING, B.; HUANG, P. M. (eds). **Biophysical-chemical Process involving natural nonliving organic matter in environmental systems Wiley-IUPAC**. New Jersey, p. 305-341.

NOVO JÚNIOR, J.; RIBEIRO, R. M. P.; CHAVES, A. P.; SOUSA, V. F. L.; GRANGEIRO, L. C.; NEGREIROS, M. Z.; MARROCOS, S. T. P.; RODRIGUES, G. S. O. Effect of phosphorus fertilization on yield and quality of onion bulbs. **African Journal of Agricultural**, v. 11, n. 45, p. 4594-4599, 2016.

RÊGO, L. G. S.; MARTINS, C. M.; SILVA, E. F.; SILVA, J. J. A.; LIMA, R. N. S. Pedogenesis and soil classification of an experimental farm in Mossoró, state of Rio Grande do Norte, Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, p. 1036-1042, 2016.

RESENDE, J. T. V.; MARCHESE, A.; CAMARGO, L. K. P.; MARODIN, J. C.; CAMARGO, C.; MORALES, R. G. F. produtividade e qualidade pós-colheita de cultivares de cebola em sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 305-311, 2010.

RODRIGUES, G. S. O.; GRANGEIRO, L. C.; NEGREIROS, M. Z.; SILVA, A. C.; NOVO JÚNIOR, J. Qualidade de cebola em função de doses de nitrogênio e épocas de plantio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, p. 239-247. 2015.

RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, P. Impacto del lixiviado de humus de lombriz sobre el crecimiento y productividad del cultivo de habichuela (*Vigna unguiculata* L. walp). **Ciencia en su PC**, Santiago de Cuba, n. 2, p. 44-58, 2017.

ROMÁN, P.; MARTÍNEZ, M. M.; PANTOJA, A. **Manual de Compostaje Del Agricultor**: Experiencias en América Latina - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, 2013. 108p.

SCHIEDECK, G.; GONÇALVES, M. M.; SCHWENGBER, J. E. **Minhocultura e produção de húmus para a agricultura familiar**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 11p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 57).

SCHWIRMMER, S.; WESTON, W. J. Enzymatic development of pyruvic acid as a measure of pungency. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 9, p. 301-304, 1961.

SENTHILMURUGAN, S.; SATTANATHAN, G.; VIJAYAN, P.; PUGAZHENDY, K.; TAMIZHAZHAGAN, V. Evaluation of different concentration of vermiwash on seed germination and biochemical response in *Abelmoschus esculentus* (L.). **International Journal of Biology Research**, v. 3, n. 1, p. 228-231, 2018.

SILVA, A. S. Produção de cebola fertirrigada com biofertilizante associado à adubação mineral. 2012. 64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2012.

SILVA, V. P.; REIS, L. M. M.; CÂNDIDO, G. A.; CARVALHO, F. G.; SILVA, R. F. Custo e lucratividade da produção de mandioca convencional *versus* alternativa em Bom Jesus-RN. **Holos**, v. 8, n. 33, p. 89-103, 2017.

TRANI, P. E.; BREDA JÚNIOR, J. M.; FACTOR, T. L. **Calagem e adubação da cebola (*Allium cepa* L.)**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014. 35p.

VIDALIALABS. 2004. VLI Sweet index (Sweetometer).

ZANDONADI, D. B.; SOUZA, R. B.; RESENDE, F. V.; SILVA, J.; RIBEIRO, R. L. V.; FONTENELLE, M. R.; LIMA, C. E. P. **Produção orgânica de alface romana com biofertilizantes em cultivo protegido**. Brasília-DF: Embrapa Hortaliças. 2017. 19p. (Embrapa Hortaliças, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 152).

CAPÍTULO III

ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DO SOLO CULTIVADO COM CEBOLA FERTIRRIGADA COM BIOFERTILIZANTES

RESUMO - A obtenção de informações à cerca da composição do solo após o cultivo da cebola pode fornecer subsídios importantes para a manutenção da fertilidade do solo, bem como para um cultivo subsequente com outra hortaliça. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de biofertilizantes, aplicados via fertirrigação, sobre os atributos químicos e microbiológicos do solo após o cultivo da cebola. O experimento foi conduzido no período de agosto a dezembro de 2016, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, localizada no distrito de Lagoinha, Mossoró-RN. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados completos, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído por duas fontes de biofertilizantes, húmus de minhoca à base de esterco de bovino (Bio-HB) e de caprino (Bio-HC), e o segundo fator por cinco quantidades de biofertilizantes, que correspondem a 50, 100, 150, 200 e 250% da adubação com nitrogênio recomendada para a cultura da cebola. As características avaliadas no solo foram os teores de: P, K, Na, Ca, Mg, pH, MO, CE, bactérias esporulantes, bactérias totais, relação entre as bactérias esporulantes e totais, actinomicetos, fungos e microrganismos totais presentes no solo após a colheita da cebola. As aplicações dos biofertilizantes favoreceram o aumento dos teores de Mg, Ca e P do solo refletindo, assim, em melhoria da fertilidade do solo. Nas maiores proporções de nitrogênio (200 e 250% de N) o Bio-HC foi superior ao Bio-HB na quantidade de microrganismos totais do solo.

Palavras-chave: *Allium cepa* L. Húmus de minhoca. Residual. Nutrientes. Microrganismos.

CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL ATTRIBUTES OF SOIL CULTIVATED WITH FERTIRRIGATED ONION WITH BIOFERTILIZERS

ABSTRACT – Obtaining information on the composition of the soil after onion cultivation can provide important subsidies for the maintenance of soil fertility as well as for subsequent cultivation with other vegetables. The objective of this work was to evaluate the effect of the application of biofertilizers, applied by fertirrigation, on the chemical and microbiological attributes of the soil after onion cultivation. The experiment was conducted in the period from August to December 2016, at the Experimental Farm Rafael Fernandes, located in Lagoinha district, Mossoró-RN. The experimental design was a complete randomized complete block design, in a 2 x 5 factorial scheme, with four replications. The first factor consisted of two sources of biofertilizers, worm humus based on bovine manure (Bio-HB) and goat (Bio-HC), and the second factor for five quantities of biofertilizers, corresponding to 50, 100, 150, 200 and 250% of nitrogen fertilization recommended for onion cultivation. The characteristics evaluated in the soil were: P, K, Na, Ca, Mg, pH, MO, EC, sporulating bacteria, total bacteria, relationship between sporulating and total bacteria, actinomycetes, fungi and total microorganisms present in the soil after the harvest of the onion. The applications of the biofertilizers favored the increase of the Mg, Ca and P contents of the soil, reflecting, therefore, the improvement of soil fertility. At the highest proportions of nitrogen (200 and 250% N) Bio-HC was higher than Bio-HB in the amount of total microorganisms in the soil.

Keywords: *Allium cepa* L. Worm humus. Residual. Nutrients. Microorganisms.

1 INTRODUÇÃO

A cebola é uma das espécies oleráceas mais apreciadas e consumidas em todo o mundo, posicionando-se no Brasil como uma cultura de elevada importância socioeconômica, típica de pequenas e médias propriedades e de natureza familiar, sobretudo no Sul e no Nordeste brasileiro (TRANI et al., 2014). No manejo nutricional desta hortaliça predomina a adubação convencional, a qual se caracteriza pela intensa utilização de fertilizantes químicos.

Todavia, o setor produtivo da cebola, como o de outras hortaliças, vem buscando estratégias de manejo que garantam, de forma sustentável, o máximo aproveitamento dos recursos de produção. Uma alternativa é a utilização de adubos orgânicos, que, devido ao seu grande efeito residual, promove melhoria nos atributos químicos e microbiológicos do solo (MENEZES JÚNIOR et al., 2013; HIGASHIKAWA; MENEZES JÚNIOR, 2017; HOSSAIN et al., 2017), proporcionando indução de crescimento e melhoria na qualidade nutricional das plantas (ZANDONADI et al., 2014).

O húmus de minhoca empregado na forma líquida (biofertilizante) é uma fonte alternativa de adubo orgânico. De acordo com Lazcano e Domínguez (2011) e Román et al. (2013), esse biofertilizante, quando aplicado ao solo, aumenta a resistência das plantas a fitopatógenos, bem como proporciona incrementos na fixação biológica de nitrogênio, na quantidade de carbono e no número de microrganismos existentes no solo. Além disso, Senthilmurugan et al. (2018) afirmam que o seu fornecimento às culturas, devido à presença de enzimas, macro e micronutrientes em sua composição, pode promover o crescimento e o rendimento das plantas.

No entanto, apesar da importância e crescimento da adubação orgânica nos cultivos de cebola, ainda há escassez de informações sobre a situação dos atributos químicos e microbiológicos do solo após a aplicação de biofertilizantes produzidos à base de húmus de minhoca. A obtenção de informações à cerca da composição do solo após o cultivo da cebola pode fornecer subsídios importantes para a manutenção da fertilidade do solo, bem como para um cultivo subsequente com outra hortaliça. Diante disto, nós propomos avaliar os atributos químicos e microbiológicos do solo cultivado com cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes, nas condições de Mossoró-RN.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da área experimental

O experimento foi conduzido no período de agosto a dezembro de 2016, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, localizada no distrito de Lagoinha, município de Mossoró-RN, Brasil (5°03' S; 37°25' W; altitude aproximada de 18 m), em solo classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Típico (RÊGO et al., 2016), apresentando na camada de 0-20 cm os seguintes resultados na análise química (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental antes do plantio da cebola. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

pH	CE (dS m ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)	P -----	K ⁺ (mg dm ⁻³)	Na ⁺ -----	Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)
7,21	1,05	7,90	21,80	78,60	23,80	2,18
Mg ²⁺ -----	H + Al	Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	SB -----	CTC -----	V -----	PST (%)
1,89	1,05	0,00	4,37	5,42	80,63	1,91

A água utilizada na irrigação foi oriunda de um poço tubular profundo, do aquífero arenito Açú e suas características estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química da água de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

pH	CE (dS m ⁻¹)	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Cl ⁻	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	RAS (mg L ⁻¹)
-	-	----- (mmol _c L ⁻¹)				-----			
7,5	0,57	0,54	2,37	2,07	1,35	2,01	1,55	7,90	1,80

O clima da região, de acordo com o sistema de classificação de Köppen, é BSh, quente e seco, com precipitação média anual em torno de 700 mm, temperatura média do ar de 26,7 °C e umidade relativa de 68,9%. O período chuvoso na região é de fevereiro a junho, com baixa probabilidade de chuvas entre agosto e dezembro (ALVARES et al., 2013). Durante o período de condução do experimento a temperatura média foi de 27,6 °C, a média mínima de 27,0 °C, a média máxima de 28,2 °C, umidade relativa média do ar de 62,0%, radiação média de 1.861,2 kJ m⁻² e precipitação pluviométrica de 0 mm.

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados completos, com os tratamentos arranjos em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído por duas fontes de biofertilizantes, húmus de minhoca à base de esterco de bovino (Bio-HB) e de caprino (Bio-HC), e o segundo fator por cinco quantidades (50, 100, 150, 200 e 250%) da adubação com nitrogênio recomendada para a cultura da cebola por Costa et al. (1998) para o Estado de Pernambuco, conforme descrito na Tabela 3.

Tabela 3. Proporções e quantidades de nitrogênio utilizadas no experimento com as aplicações dos húmus de minhoca produzidos à base de esterco de bovino e de caprino. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Nitrogênio (%)	Nitrogênio (kg ha ⁻¹)	Fontes dos húmus de minhoca (t ha ⁻¹)	
		Esterco Bovino	Esterco Caprino
50	67,5	6,0	4,0
100	135,0	12,0	8,0
150	202,5	18,0	12,0
200	270,0	24,0	16,0
250	337,5	30,0	20,0

Cada unidade experimental consistiu de uma área de 3,0 x 1,0 m, contendo dez fileiras de plantas, espaçada de 0,10 x 0,10 m, perfazendo uma área total de 3,0 m². Como área útil foi considerada as seis fileiras centrais, excluindo-se duas fileiras de cada extremidade.

2.3 Obtenção e caracterização dos húmus de minhoca

O húmus de minhoca à base de esterco bovino foi produzido no minhocário da Escola Agrotécnica do Cajueiro, Campus IV UEPB, Catolé do Rocha-PB. Já o húmus de minhoca, à base de esterco de caprino, foi produzido no minhocário da Fazenda Hortívoda, localizada na cidade de Governador Dix-Sept Rosado-RN. Foram retiradas amostras de ambos os materiais e levadas para o Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Os dados obtidos encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Caracterização química dos húmus de minhoca. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Fontes	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
	(g kg ⁻¹)					(mg kg ⁻¹)				
Bovino	11,2	0,4	4,0	14,2	4,0	500,0	8485,0	237,0	237,0	10,8
Caprino	16,8	0,9	4,7	43,8	7,0	699,0	6209,0	204,0	204,0	22,1

2.4 Preparo e aplicação do húmus líquido (biofertilizante)

O húmus na forma líquida (biofertilizante) foi preparado em recipiente plástico de 100 L na proporção de 1:10, onde foram colocados 6,0 kg de húmus de minhoca, 60,0 L de água e 300,0 g de açúcar. Estes ingredientes foram misturados e colocados para fermentar durante cinco dias a céu aberto. Após o período de decomposição, o biofertilizante foi filtrado em peneira de pano para posterior aplicação via fertirrigação, conforme metodologia adaptada de Schiedeck et al. (2006). Por questões econômicas e de praticidade, optou-se em realizar as adubações de cobertura duas vezes por semana, utilizando-se tanque de derivação de fluxo produzido com tubo de PVC. As fertirrigações com os biofertilizantes foram realizadas dos 20 aos 115 dias após a semeadura (DAS), de acordo com a especificidade de cada tratamento, sendo a distribuição das aplicações, ao longo do ciclo da cebola, estabelecida a partir da marcha de absorção do nitrogênio pela cultura (Tabela 5).

Tabela 5. Distribuição percentual dos biofertilizantes ao longo do ciclo da cebola. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

DAS	Biofertilizantes (%)
20 – 35	9,0
36 – 50	15,0
51 – 65	20,0
66 – 80	30,0
81 – 95	20,0
96 – 115	6,0

Fonte: Adaptado de Marrocos et al. (2009).

2.5 Implantação e condução do experimento

O preparo do solo constou de aração, gradagem e levantamento dos canteiros, seguido da adubação de fundação, onde foram aplicados 3,0 kg de esterco bovino curtido por parcela (correspondendo a 10 t ha⁻¹), contendo 11,0 g kg⁻¹ de N; 5,10 g kg⁻¹ de P; 14,22 g kg⁻¹ de K; 1,50 g kg⁻¹ de Ca e 1,50 g kg⁻¹ de Mg.

A semeadura foi realizada manualmente, em agosto de 2016, colocando-se de 3 a 4 sementes por cova, utilizando-se a cultivar de cebola Vale Ouro IPA-11. O desbaste foi realizado aos 23 DAS, deixando-se uma planta por cova.

Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento, utilizando-se quatro mangueiras por canteiro, no espaçamento de 0,20 m. Os gotejadores foram do tipo autocompensante,

espaçados em 0,30 m, com vazão média de $1,4 \text{ L h}^{-1}$. As irrigações foram realizadas diariamente, com lâminas aplicadas com base na evapotranspiração da cultura (ET_c), multiplicando-se a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo coeficiente de cultivo (K_c) (ALLEN et al., 2006).

Após a emergência das plantas foi realizado o controle de plantas daninhas com capinas manuais e enxada, sempre que necessário. O controle de pragas foi realizado com pulverizações preventivas e alternadas, em intervalos de sete dias, com detergente neutro ($10,0 \text{ mL L}^{-1}$) e óleo de neem ($0,75 \text{ mL L}^{-1}$).

A irrigação foi suspensa 10 dias antes da colheita, quando aproximadamente 70% das plantas estavam tombadas, a fim de realizar o processo de cura ao sol, sendo a colheita da cebola realizada aos 132 DAS.

2.6 Coleta do solo para análise química e microbiológica

Após a colheita da cebola foi realizada a coleta de três amostras simples do solo na camada de 0,00-0,20 m, com auxílio de um trado, e homogeneizadas para formação de uma amostra composta por tratamento, para posterior análise química e quantificação das comunidades microbianas do solo (Figuras 1A, 1B e 1C).



Figura 1. Coleta de solo com auxílio de um trado (A), amostras para realizar análise química (B) e microbiológica do solo (C) após o cultivo da cebola fertirrigada com biofertilizantes. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

2.6.1 Determinação dos nutrientes do solo

2.6.1.1 Fósforo (P), potássio (K) e sódio (Na)

Foram extraídos pela solução extratora de Mehlich-1. O fósforo extraído foi determinado por espectrofotometria e o potássio e o sódio por fotometria de chama (SILVA et al., 2009).

2.6.1.2 Cálcio (Ca) e magnésio (Mg)

Com a solução de $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$, foi extraído o cálcio e o magnésio, efetuando-se a leitura pelo método complexo métrico com o emprego do EDTA (etileno-diamino tetracético).

2.6.1.3 Matéria orgânica (MO)

Foram macerados 10 cm³ de solo, passado em peneira de 80 mesh e pesado 0,5 g de cada amostra, em balança de precisão, alocado em erlenmeyer de 250 mL, para adição de 10 mL de dicromato de potássio, seguido do aquecimento, em chapa, até o ponto de fervura. Uma vez resfriado, dentro da capela, foi adicionado ácido ortofosfórico (1 mL) e água destilada (80 mL), titulada com sulfato ferroso amoniacal 0,05 M.

2.6.1.4 Potencial hidrogeniônico (pH na proporção 1:2,5)

Determinado a partir da mistura de 10 cm³ de solo e 25 mL de água, alocada em copo descartável, para posterior leitura no pHmetro, marca TECNAL 3MP.

2.6.1.5 Condutividade elétrica (CE na proporção 1:2,5)

Determinada a partir da mistura de 10 cm³ de solo e 25 mL de água, alocada em copo descartável, para posterior leitura no condutivímetro.

2.6.2 Determinação das comunidades microbianas do solo

As amostras de solos coletadas foram levadas ao Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia do Departamento de Ciências Agrônomicas e Florestais (DCAF) da UFERSA, onde procederam as análises de quantificação de comunidades microbianas do solo (bactérias esporulantes, bactérias totais, actinomicetos e fungos totais). Para isso foi aplicado o método da diluição seriada e plaqueamento em meio específico para quantificar cada grupo de microrganismo.

2.6.2.1 Bactérias esporulantes (BE) e totais (BT)

Foi utilizado o meio nutriente ágar (ágar nutriente - 23,0 g; água destilada - 1000 mL). Para as esporulantes, o procedimento utilizado foi semelhante ao descrito acima, porém a suspensão de solo obtida foi posta em banho-maria a 80 °C por 20 minutos, antes de ser feito o plaqueamento em meio de cultura, objetivando selecionar estas bactérias (BETTIOL, 1995).

2.6.2.2 Relação entre as bactérias esporulantes e totais (BE:BT)

Foi calculada a porcentagem de bactérias esporulantes em relação às bactérias totais para verificar o tratamento que mais influenciou nas comunidades esporulantes.

2.6.2.3 Actinomicetos (ACT)

Os actinomicetos foram quantificados em meio de cultura amido-caseína [amido - 10 g; caseína - 0,3 g; KNO_3 - 2 g; NaCl - 2 g; K_2HPO_4 - 2 g; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,05 g; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,01 g; ágar - 16 g (KUSTER; WILLIAMS, 1964)].

2.6.2.4 Fungos (FUN)

Para a quantificação dos fungos totais foi utilizado o meio de Martin (MARTIN, 1950) acrescido de antibiótico tetraciclina ($0,05 \text{ g L}^{-1}$).

2.6.2.5 Microrganismos totais (MT)

Determinados através da soma das comunidades de bactérias, fungos e actinomicetos totais presentes nos solos.

2.6.2.6 Plaqueamento e quantificação das comunidades microbianas

Para cada amostra foi retirada uma alíquota de 1 g de solo, que foi colocada em tubos de ensaio contendo 9 mL de água destilada esterilizada, e homogeneizadas em agitador de tubos tipo vortex. A partir desta suspensão solo:água foram realizadas diluições seriadas até 10^{-5} , que foram homogeneizadas para coleta de uma alíquota de 100 μL de cada diluição e colocadas em placas de Petri de 9,0 cm de diâmetro sobre os meios de cultura e posteriormente espalhadas com alça de Drigalski na superfície do meio de cultura solidificado em placas de Petri. As placas foram invertidas e mantidas em estufas tipo B.O.D. (demanda bioquímica de oxigênio), à temperatura de $28 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

A contagem do número médio das colônias foi realizada de acordo com o crescimento de cada microrganismo, sendo que, as bactérias foram avaliadas a partir de 24 horas, os fungos a partir de 48 horas e os actinomicetos a partir de 72 horas.

O método de contagem em placa foi escolhido por ter a grande vantagem de quantificar as células viáveis. Para cada diluição avaliada foram usadas quatro placas (repetições) sendo consideradas para cálculo apenas as diluições que apresentaram de 25 a 250 unidades formadoras de colônias (UFCs) por placa, sendo seus valores expressos em ufc g^{-1} de solo.

2.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2011). O procedimento de ajustamento de curvas de resposta foi realizado para a variável quantitativa, utilizando o software Table Curve (JANDEL SCIENTIFIC, 1991). O teste de Tukey a 5% foi utilizado para comparar as médias entre as fontes de biofertilizantes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Atributos químicos do solo

Houve interação significativa entre as fontes e as quantidades de biofertilizantes aplicadas (expressa em proporções de nitrogênio) apenas para o teor de magnésio (Mg) do solo, onde observou-se comportamento crescente em função das quantidades aplicadas do Bio-HB, obtendo-se o valor máximo de $2,03 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg quando se aplicou 250% de N, o que corresponde ao acréscimo de 24,12% ($0,49 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) em relação à menor quantidade fornecida (50% de N) (Figura 2A).

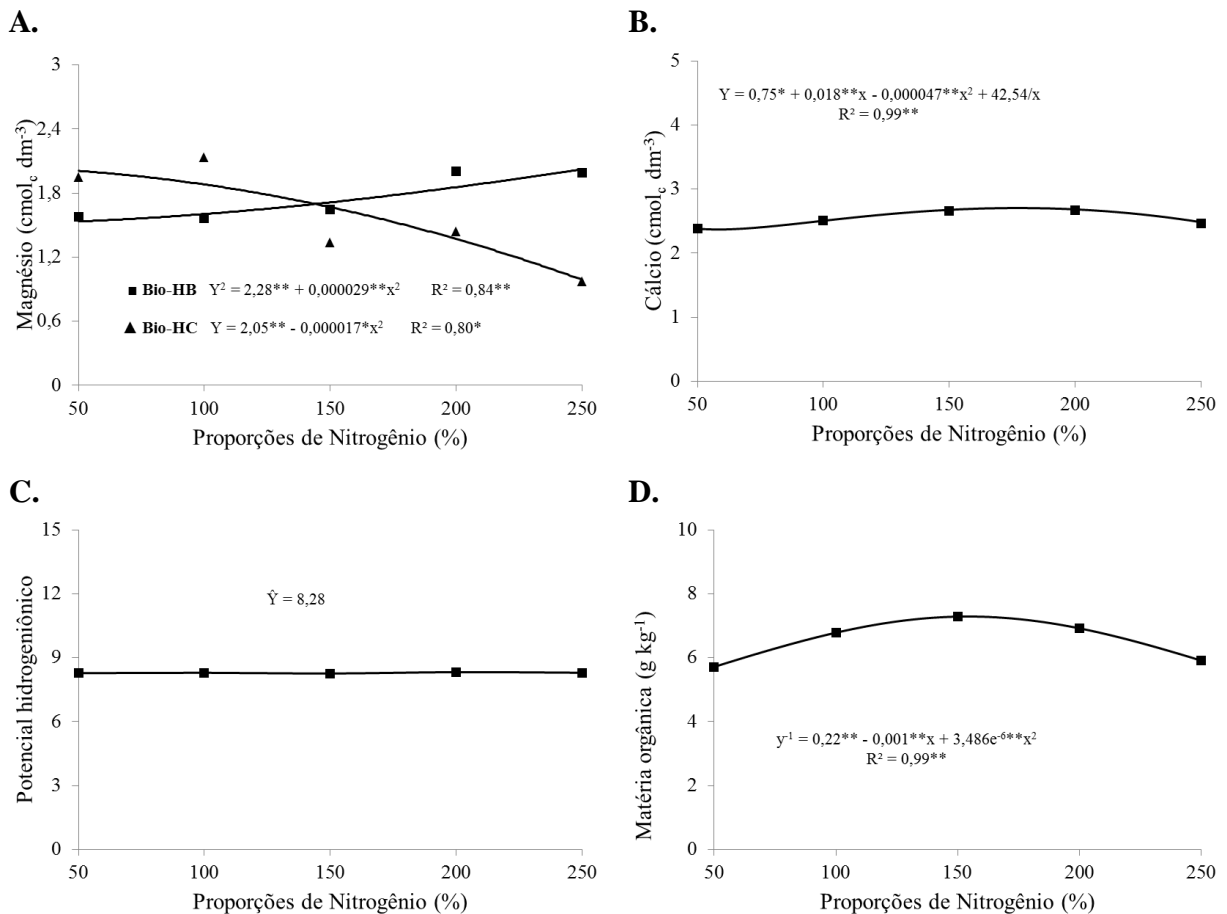


Figura 2. Teores de magnésio (A), cálcio (B), potencial hidrogeniônico (C) e matéria orgânica (D) do solo após o cultivo da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Ao contrário, quando se aplicou o Bio-HC verificou-se, em função do incremento das quantidades aplicadas, redução no teor de Mg do solo de $2,00$ para $0,95 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ obtidos, respectivamente, com as aplicações de 50 e 250% de N, correspondendo ao decréscimo de

52,50% ($1,05 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (Figura 2A). O húmus de minhoca produzido à base de esterco caprino possui elevada concentração de cálcio ($49,80 \text{ g kg}^{-1}$) em relação à de magnésio ($7,00 \text{ g kg}^{-1}$), o que pode explicar o comportamento decrescente do teor de Mg do solo com o incremento nas aplicações do Bio-HC, uma vez que as propriedades químicas destes nutrientes, como o grau de valência e a mobilidade, são muito similares e, como consequência, a presença excessiva de um pode prejudicar os processos de adsorção e absorção do outro (ORLANDO FILHO et al., 1996; KURTZ et al., 2018).

Desdobrando-se as fontes dentro das quantidades aplicadas dos biofertilizantes, observou-se diferença significativa no teor de Mg do solo quando se aplicou 100, 200 e 250% de N, sendo que na aplicação de 100% de N o Bio-HC favoreceu o maior teor de Mg do solo ($2,13 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), sobressaindo-se em relação ao Bio-HB ($1,56 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). No entanto, quando se aplicou as maiores quantidades dos biofertilizantes, o Bio-HB destacou-se em relação ao Bio-HC (Tabela 6). Os maiores valores de Mg reportados anteriormente, com o fornecimento dos biofertilizantes, são superiores ao verificado na análise química do solo realizada antes do plantio da cebola (Tabela 1).

Tabela 6. Teor de magnésio (Mg) do solo após o cultivo da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Fontes	Proporções de Nitrogênio (%)				
	50	100	150	200	250
	Mg ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)				
Bio-HB	1,58 a	1,56 b	1,65 a	2,00 a	1,99 a
Bio-HC	1,95 a	2,13 a	1,34 a	1,44 b	0,97 b

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para os teores de cálcio (Ca), potencial hidrogeniônico (pH) e matéria orgânica (MO) não observou-se interação significativa entre as fontes e as quantidades de biofertilizantes; Analisando as fontes verificou-se que o Bio-HB sobressaiu-se em relação ao Bio-HC (Tabela 7).

Tabela 7. Teores de cálcio (Ca), potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica (MO), condutividade elétrica (CE), sódio (Na), fósforo (P) e potássio (K) do solo após o cultivo da cebola em função de fontes de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Fontes	Ca ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	pH -	MO (%)	CE (dS m^{-1})
Bio-HB	2,66 a	8,32 a	0,81 a	1,08 a
Bio-HC	2,52 b	8,26 b	0,49 b	1,02 a
	Na	P (mg dm^{-3})		K
	-----	-----	-----	-----
Bio-HB	51,95 a	23,45 a	70,02 a	
Bio-HC	51,64 a	22,57 a	66,69 a	

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando o teor de cálcio do solo, em função das quantidades aplicadas de biofertilizantes, verificou-se aumento desse nutriente à medida que se aumentou a proporção de N aplicada, obtendo-se o valor máximo de $2,69 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ com o fornecimento de 175,85% de N (Figura 2B), sendo este valor, à semelhança do verificado para o magnésio do solo, superior ao constatado na análise química do solo realizada antes do cultivo da cebola (Tabela 1). Logo, a aplicação de biofertilizante produzido à base de húmus de minhoca pode aumentar os teores de Ca e Mg do solo, favorecendo, conseqüentemente, os cultivos subsequentes conduzidos nesta mesma área.

Os dados do pH do solo, em função das quantidades aplicadas de biofertilizantes, não se ajustaram a nenhuma equação, obtendo-se valor médio de 8,28 (Figura 2C), valor este 14,84% superior ao encontrado na análise química do solo, realizada antes do cultivo da cebola (Tabela 1), revelando, assim, ser esse um solo de reação alcalina (pH superior a 7,0).

O incremento no pH do solo deve-se, possivelmente, à elevação da porcentagem de sódio trocável (PST) decorrente do aumento do teor de sódio do solo (Figura 3B), corroborando, assim, com os resultados obtidos por Albuquerque et al. (2018), os quais afirmam haver uma relação direta entre a PST e o pH do solo. Ainda de acordo com estes autores, o aumento do pH é causado pela presença de carbonatos e bicarbonatos de sódio, explicando, assim, que solos com alta concentração de sódio tendem a possuir pH mais elevado.

Observando-se o comportamento da matéria orgânica do solo, em função das quantidades aplicadas de biofertilizantes, verificou-se aumento até o valor máximo estimado de $7,2 \text{ g kg}^{-1}$ obtido com a aplicação de 153,75% de N, decrescendo logo em seguida até a maior quantidade aplicada (250% de N) (Figura 2D). O aumento na matéria orgânica é,

certamente, decorrente do aumento no teor de carbono do solo através da deposição dos resíduos orgânicos provenientes da aplicação dos biofertilizantes.

Não houve interação significativa entre os fatores estudados para a condutividade elétrica (CE), teores de sódio (Na), fósforo (P) e potássio (K) do solo. Para a CE e teor de Na do solo, em função das quantidades aplicadas de biofertilizantes, não houve ajuste de nenhuma equação de regressão, obtendo-se, respectivamente, valores médios de $1,05 \text{ dS m}^{-1}$ e $51,08 \text{ mg dm}^{-3}$ (Figuras 3A e 3B), sendo que a CE oscilou em torno de $0,87$ e $1,11 \text{ dS m}^{-1}$ e o Na em torno de $39,45$ e $56,47 \text{ mg dm}^{-3}$.

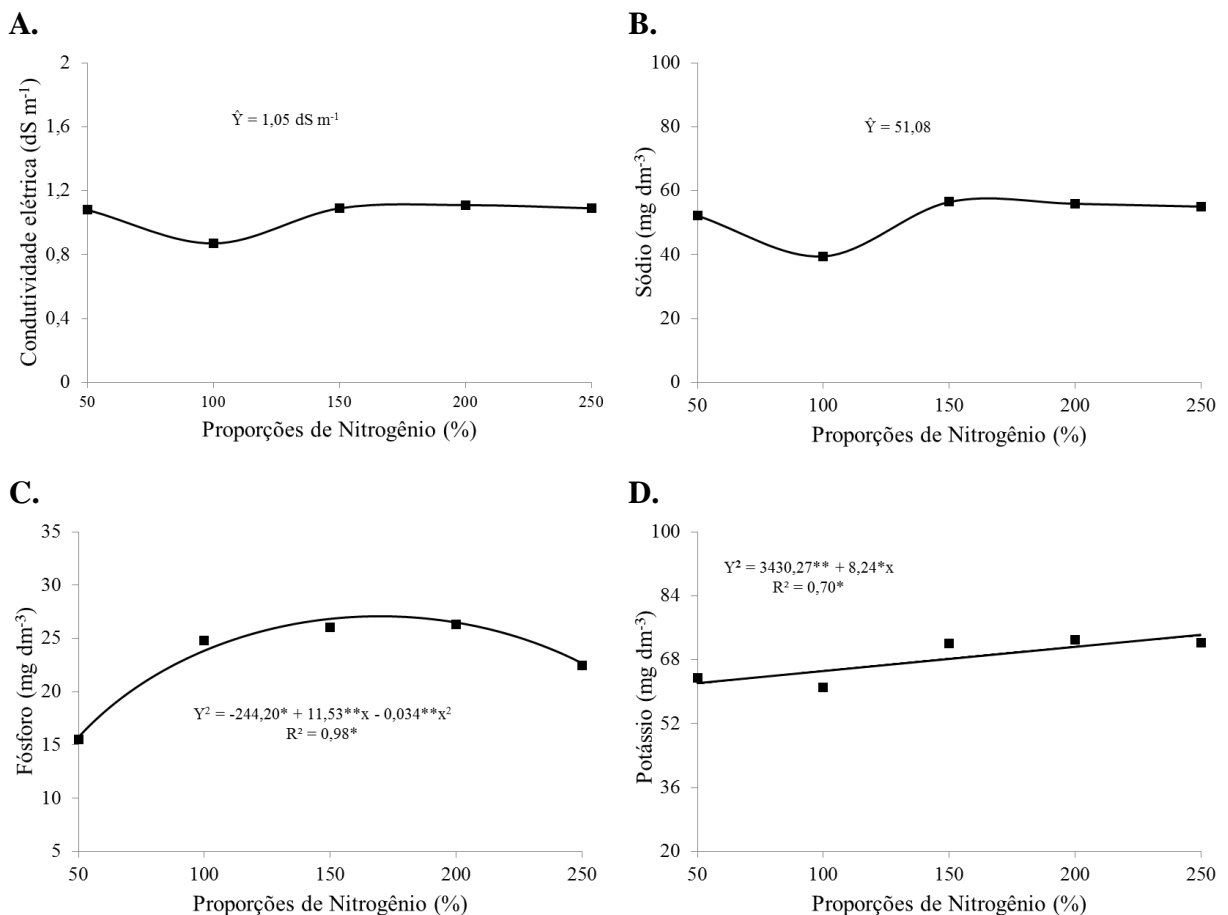


Figura 3. Condutividade elétrica (A), teores de sódio (B), fósforo (C) e potássio do solo após o cultivo da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Observando-se a análise química do solo realizada antes do plantio da cebola (Tabela 1), constata-se que a aplicação dos biofertilizantes não alterou a CE do solo, não oferecendo, portanto, risco de salinização para o solo com as quantidades aplicadas. Porém, elevou o teor de Na de $23,80$ para $51,08 \text{ mg dm}^{-3}$, correspondendo ao incremento de $114,62\%$ no teor de Na do solo ($27,28 \text{ mg dm}^{-3}$) e consequente aumento na PST de $1,91$ para $4,26\%$, classificando o

solo, de acordo com os critérios propostos por Massoud (1971), como não-sódico (PST inferior a 7,0%).

Diante do elevado aumento no teor de Na do solo é de fundamental importância que se faça o monitoramento do nível de Na nos solos após as aplicações de biofertilizantes, pois de acordo com De Pascale et al. (2013), o elevado teor de Na pode contribuir para problemas de salinidade do solo, interferir na disponibilidade de nutrientes e causar queimaduras foliares nas plantas. Estudos permitem afirmar que a cebola tolera uma PST que pode variar de 15-40%, sendo classificada por Ayers e Westcot (1999) como semi-tolerante ao teor de Na.

Para o teor de P do solo, em função das quantidades aplicadas de biofertilizantes, observou-se aumento até o valor máximo estimado de 26,97 mg dm⁻³, obtido com a aplicação de 168,44% de N, correspondendo ao acréscimo de 41,75% (11,26 mg dm⁻³) em relação à aplicação de 50% de N (Figura 3C). Esse incremento no P do solo, possivelmente, está relacionado ao bloqueio dos sítios de adsorção desse nutriente pela adição da matéria orgânica. De acordo com Haynes (1984), o solo pode adsorver ácidos orgânicos com grande energia, competindo com sítios de adsorção de P e aumentando a disponibilidade deste nutriente para as plantas. Resultado semelhante foi relatado por Souza et al. (2006), os quais, estudando a influência da calagem e da adubação orgânica na adsorção de P, verificaram que a adição de esterco bovino e de calcário proporcionou aumentos significativos dos valores de P-rem (fósforo remanescente) e redução nos valores da CMAP (capacidade máxima de adsorção do fósforo).

No entanto, com as maiores quantidades aplicadas dos biofertilizantes verificou-se redução nos valores de P, decorrendo, possivelmente, da adsorção de P aos compostos húmicos, uma vez que o caráter aniônico da MO, por via de pontes de cátions (Al, Fe e Ca), retém o P (NOVAIS; SMYTH, 1999).

O teor de K do solo aumentou em função das quantidades aplicadas de biofertilizantes, atingindo valor máximo estimado de 74,10 mg dm⁻³ obtido com a aplicação de 250% de N, correspondendo ao acréscimo de 16,34% (12,11 mg dm⁻³) (Figura 3D). O K é o segundo nutriente em quantidade acumulada pela cebola, sendo superado apenas pelo N (KURTZ et al., 2016).

A aplicação dos biofertilizantes produzidos à base de húmus de minhoca favoreceu o aumento dos teores de Mg, Ca, e P do solo, refletindo, assim, em melhoria da fertilidade do solo. Logo, pode-se inferir que a taxa de reposição desses nutrientes ao solo, através da aplicação dos biofertilizantes, foi superior à taxa de extração deles do solo pelas plantas de cebola.

3.2 Atributos microbiológicos do solo

Houve interação significativa entre as fontes e as quantidades de biofertilizantes aplicadas para todas as comunidades microbianas avaliadas, com exceção das bactérias esporulantes.

Para as bactérias totais (BT), actinomicetos (ACT) e microrganismos totais (MT) observou-se comportamento decrescente em função do incremento nas quantidades aplicadas do Bio-HB, observando-se, respectivamente, valores mínimos de $12,52 \times 10^{-5}$; $5,57 \times 10^{-4}$ e $16,54 \times 10^{-5}$ ufc g^{-1} quando se aplicou 250% de N, correspondendo aos decréscimos de 43,84; 77,89 e 40,58% nestes microrganismos em relação à menor proporção aplicada de N (Figuras 4B; 4D e 4F). Esta redução deve-se, provavelmente, ao fato do solo ter sido adubado em fundação com esterco bovino (10 t ha^{-1}), o que pode ter favorecido a saturação desses microrganismos no solo com os incrementos nas quantidades do Bio-HB, havendo competição entre eles e, até liberação de substâncias tóxicas para os mesmos. Alguns autores relatam que em ambientes com porcentagens muito elevadas de matéria orgânica ou de nutrientes, pode ocorrer saturação de microrganismos, onde ocorre antibiose (liberação de substâncias tóxicas) que ocasionam a morte de parte destes (HARMAN et al., 2004; ISAIAS et al., 2014).

Para a relação entre as bactérias esporulantes e totais (BE:BT) e fungos (FUN) não houve ajuste de nenhuma equação de regressão, observando-se, respectivamente, os valores médios de 20,20% e $60,34 \times 10^{-2}$ ufc g^{-1} com o fornecimento do Bio-HB. Já em função da aplicação do Bio-HC, não houve ajuste de nenhuma equação para as BT, relação BE:BT, ACT, FUN e MT verificando-se, respectivamente, os valores médios de $19,60 \times 10^{-5}$ ufc g^{-1} ; 18,68%; $25,02 \times 10^{-4}$; $61,45 \times 10^{-2}$ e $25,08 \times 10^{-5}$ ufc g^{-1} (Figuras 4B; 4C; 4D; 4E e 4F).

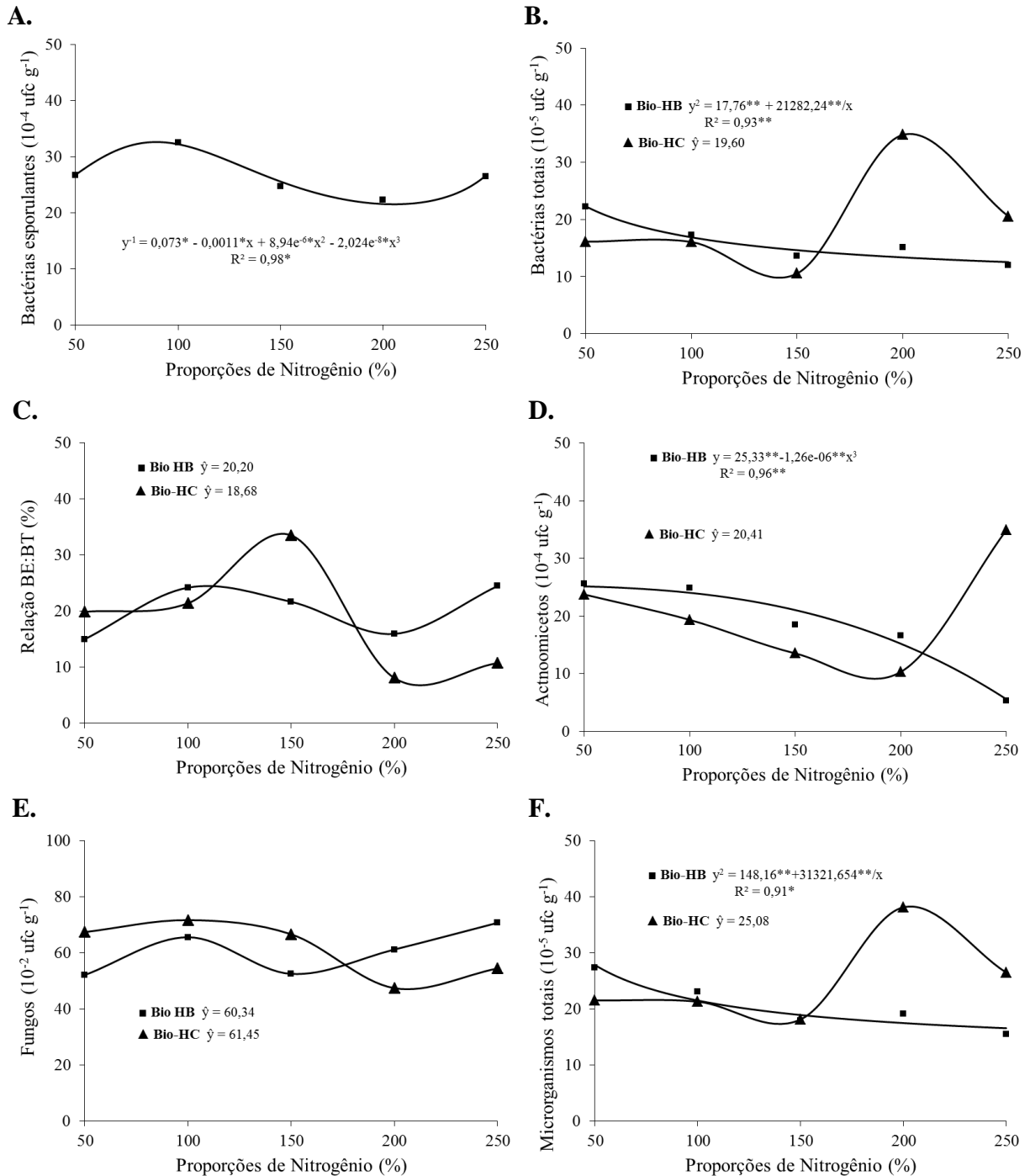


Figura 4. Comunidades de bactérias esporulantes (A), bactérias totais (B), relação entre as bactérias esporulantes e totais (C), actinomicetos (D), fungos (E) e microrganismos totais (F) do solo após o cultivo da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Por outro lado, desdobrando-se as fontes de biofertilizantes dentro das quantidades aplicadas, observou-se que o Bio-HC proporcionou maior número de UFCs de FUN, relação BE:BT, BT e ACT quando se aplicou 50, 150, 200 e 250% de N, respectivamente, sobressaindo-se em relação ao Bio-HB (Tabela 8).

Tabela 8. Comunidades de bactérias totais (BT), relação entre as bactérias esporulantes e totais (BE:BT), actinomicetos (ACT), fungos (FUN), microrganismos totais (MT) e bactérias esporulantes (BE) do solo após o cultivo da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Fontes	Proporções de Nitrogênio (%)				
	50	100	150	200	250
BT (ufc g⁻¹)					
Bio-HB	22,27 x10 ⁻⁵ a	17,22 x10 ⁻⁵ a	13,57 x10 ⁻⁵ a	15,05 x10 ⁻⁵ b	11,97 x10 ⁻⁵ a
Bio-HC	16,10 x10 ⁻⁵ a	16,05 x10 ⁻⁵ a	10,52 x10 ⁻⁵ a	34,80 x10 ⁻⁵ a	20,52 x10 ⁻⁵ a
BE:BT (ufc g⁻¹)					
Bio-HB	14,94 a	24,15 a	21,62 b	15,91 a	24,43 a
Bio-HC	19,84 a	21,35 a	33,49 a	8,05 a	10,70 b
ACT (ufc g⁻¹)					
Bio-HB	25,62 x10 ⁻⁴ a	24,94 x10 ⁻⁴ a	18,54 x10 ⁻⁴ a	16,67 x10 ⁻⁴ a	5,30 x10 ⁻⁴ b
Bio-HC	23,77 x10 ⁻⁴ a	19,37 x10 ⁻⁵ a	13,54 x10 ⁻⁴ a	10,35 x10 ⁻⁴ a	35,00 x10 ⁻⁵ a
FUN (ufc g⁻¹)					
Bio-HB	52,01 x10 ⁻² b	65,50 x10 ⁻² a	52,43 x10 ⁻² a	61,12 x10 ⁻² a	70,64 x10 ⁻² a
Bio-HC	67,33 x10 ⁻² a	71,61 x10 ⁻³ a	66,58 x10 ⁻³ a	47,37 x10 ⁻² a	54,37 x10 ⁻² b
MT (ufc g⁻¹)					
Bio-HB	27,28 x10 ⁻⁵ a	23,08 x10 ⁻⁵ a	17,89 x10 ⁻⁵ a	19,03 x10 ⁻⁵ b	15,51 x10 ⁻⁵ b
Bio-HC	21,49 x10 ⁻⁵ a	21,27 x10 ⁻⁵ a	18,09 x10 ⁻⁵ a	38,08 x10 ⁻⁵ a	26,45 x10 ⁻⁵ a
BE (ufc g⁻¹)					
Bio-HB	26,58 x10 ⁻⁴ a				
Bio-HC	26,55 x10 ⁻⁴ a				

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O Bio-HC é um composto orgânico que apresentou-se mais rico em nutrientes que o Bio-HB. Todos os nutrientes que são fundamentais ao crescimento microbiano apresentaram-se em quantidades superiores no Bio-HC em relação ao Bio-HB (Tabela 4). A quantidade de nitrogênio e fósforo presente no Bio-HC foram, respectivamente, 33,33 e 55,55% a mais que no Bio-HB. O nitrogênio e o fósforo são elementos essenciais para síntese de proteínas, DNA, RNA e ATP. Os organismos utilizam nitrogênio principalmente para sintetizar os grupos amino que estão presentes nos aminoácidos das proteínas. Muitas bactérias obtêm estes compostos por meio da decomposição da matéria orgânica proteica e, em seguida, reincorpora os aminoácidos em proteínas que acabaram de ser sintetizados ou, outros compostos que contenham nitrogênio. O fósforo além de ser essencial para a síntese de ácidos nucleicos, também é muito importante para a síntese de fosfolipídeos, componentes da membrana celular (TORTORA et al. 2005). Porém, quando se aplicou a proporção de 250% de N, o Bio-HB favoreceu a comunidade fúngica e a relação BE:BT (Tabela 8).

Outrossim, observou-se predominância no número de UFCs da comunidade bacteriana em relação à fúngica (Tabela 8). Normalmente, no solo há predominância das comunidades

bacterianas em relação à fúngica. Além disso, verificou-se que o pH do solo estava alcalino, sendo o pH, acidez ou a alcalinidade de uma solução, fator físico determinante para o crescimento de microrganismos. Este é um dos atributos do solo mais descritos por influenciar as diferentes comunidades microbianas que habitam os solos (TORTORA et al., 2005).

De acordo com Tortora et al. (2005), a maioria das bactérias aumenta o número de UFCs dentro de variações pequenas de pH, sempre perto da neutralidade, entre pH 6,5 e 7,7. No presente trabalho observou-se que o pH do solo, com a aplicação dos biofertilizantes estava em torno de 8,32 (Bio-HB) e 8,26 (Bio-HC) (Tabela 7), sendo estes mais favoráveis ao crescimento bacteriano, conforme foi observado maior número de UFCs de bactérias totais em relação a de fungos totais no solo (Tabela 8). Os fungos filamentosos e as leveduras podem crescer em variações de pH maiores que as bactérias. Entretanto, os valores ótimos de pH para fungos são geralmente inferiores, entre 5,0 e 6,0. Observou-se também que o Bio-HC proporcionou maior valor numérico médio de UFCs de fungos totais em relação ao Bio-HB, provavelmente devido ao menor pH do solo em relação aquele onde utilizou-se o Bio-HB.

Desdobrando-se as fontes dentro das quantidades aplicadas de biofertilizantes, observou-se diferença significativa para os microrganismos totais do solo apenas quando se aplicou 200 e 250% de N, com o Bio-HC sobressaindo-se em relação ao Bio-HB (Tabela 8). Conforme comentado anteriormente, isso ocorreu devido a riqueza nutricional do Bio-HC, que afetou positivamente a maioria das comunidades microbianas, refletindo, desta forma, na maior quantidade de microrganismos totais.

Para as bactérias esporulantes (BE) do solo, em função das quantidades aplicadas de biofertilizantes, verificou-se valor máximo de $32,65 \times 10^{-4}$ ufc g^{-1} com a aplicação de 89,32% de N (Figura 4A). Embora algumas espécies de bactérias esporulantes sejam fitopatogênicas, outras estão relacionadas com efeitos benéficos em plantas, como algumas bactérias esporulantes que são consideradas biocontroladoras e, promotoras de crescimento de plantas (BPCPs) (ARAÚJO; MARCHESI, 2009; FERREIRA et al., 2009). Estas podem promover o crescimento das plantas utilizando diferentes mecanismos, entre eles, a produção de hormônios vegetais. No entanto, poucos estudos relatam a influência da adubação orgânica nas populações de bactérias esporulantes.

A comunidade microbiana é de fundamental importância no processo de formação do solo, no funcionamento da vegetação e na formação da matéria orgânica. Assim, quantificar as comunidades microbianas pode servir como indicador do progresso da restauração ambiental.

4 CONCLUSÕES

As aplicações dos biofertilizantes produzidos à base de húmus de minhoca bovino e caprino favoreceram o aumento dos teores de Mg, Ca, e P do solo, refletindo, assim, em melhoria da fertilidade do solo.

Nas maiores quantidades de nitrogênio (200 e 250% de N), o Bio-HC foi superior ao Bio-HB na comunidade de microrganismos totais do solo.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. S.; FONSÊCA, N. C.; SANTOS, R. V.; MEDEIROS, W. P. Atributos químicos em solo salino-sódico e efeito do ácido sulfúrico no crescimento da *Prosopis juliflora*. **Revista Ciências Agrárias**, v. 61, p. 1-8, 2018.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO, v. 56, p.0254-5293, 2006.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO, F. F.; MARCHESI, G. V. P. Uso de *Bacillus subtilis* no controle da meloidoginose e na promoção do crescimento do tomateiro. **Ciencia Rural**, v. 39, p. 1558-61, 2009.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. 2. ed. Campina Grande: UFPB. 1999. 153p. FAO. Estudos Irrigação e Drenagem, 29.
- BETTIOL, W. Isolamento seletivo de *Bacillus*. In: Melo IS, Sanhueza RMV, editores. **Métodos de seleção de microrganismos antagônicos a fitopatógenos**. Jaguariúna: Embrapa; 1995. p. 35-6.
- COSTA, N. D. et al. Cebola (irrigada): 2ª aproximação. In: Cavalcanti, F. J. A. *et al.* (Ed.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**. 2. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA, 1998. 127p.
- DE PASCALE, S.; ORSINI, F.; PARDOSSI, A. Irrigation water quality for greenhouse horticulture. In: Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops; Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013. p.169-204. FAO Plant Production and Protection Paper 217.
- FERREIRA, E. P. B.; VOSS, M.; SANTOS, H. P.; DE-POLLI, H.; NEVES, M. C. P.; RUMJANEK, N. G. Diversidade de *Pseudomonas fluorescentes* em diferentes sistemas de manejo do solo e rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, p. 140-148. 2009.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: Um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, p. 1039-1042, 2011.
- HARMAN, G. E.; HOWELL, C. R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. *Trichoderma* species - opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature reviews/Micro biology**, v. 2, p. 43-56, 2004.
- HAYNES, R. J. Lime and phosphate in the soil plant system. **Advanced Agronomia**, v. 37, p. 249-315, 1984.

HIGASHIKAWA, F. S.; MENEZES JÚNIOR, F. O. G. Adubação mineral, orgânica e organomineral: efeitos na nutrição, produtividade, pós-colheita da cebola e na fertilidade do solo. **Revista scientia agraria**, Curitiba, v. 18, p. 1-10, 2017.

HOSSAIN, M. Z.; NIEMSDORFF, P. F.; HEß, J. Effect of different organic wastes on soil properties and plant growth and yield: a Review. **Scientia Agriculturae Bohemica**, v. 48, p.224-237, 2017.

ISAIAS, C. O.; MARTINS, I.; SILVA, J. B. T.; SILVA, J. P.; MELLO, S. C. M. Ação antagonista e de metabólitos bioativos de *Trichoderma* spp. contra os patógenos *Sclerotium rolfsii* e *Verticillium dahliae*. **Summa Phytopathol.**, v. 40, p. 34-41, 2014.

JANDEL SCIENTIFIC. **Table Curve**: curve fitting software. Corte Madera, CA: Jandel Scientific, p. 280, 1991.

KURTZ, C.; PAULETTI, V.; FAYAD, J. A.; VIEIRA NETO, J. Crescimento e absorção de nutrientes pela cultivar de cebola Bola Precoce. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 279-288, 2016.

KURTZ, C.; MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; HIGASHIKAWA, F. S. **Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da cebola**. Florianópolis: Epagri, 2018. p.104 (Epagri, Boletim Técnico, 184).

KUSTER, E.; WILLIAMS, S. T. Selection of media for isolation of streptomycetes. **Nature**, v. 202, p. 928-929, 1964.

LAZCANO, C.; DOMÍNGUEZ, J. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility. **Soil nutrients**, v. 10, p. 1-23, 2011.

MARROCOS, S. T. P.; GRANGEIRO, L. C.; OLIVEIRA, F. H. T. Crescimento e acúmulo de nutrientes em cebola IPA 11. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 627-631, 2009.

MARTIN, J. P. Use of acid, rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. **Soil Sci.** v. 69, p. 215-32, 1950.

MASSOUD, F. I. A note on the need for accented definitions and method of characterization of salts affected soils. In: REUNION DA LA SUBCOMISION DE SUELOS SALINOS. Sevilla: Iryda, 1971.

MENEZES JÚNIOR, F. O.; GONÇALVES, P. A. S.; KURTZ, C. Biomassa e extração de nutrientes da cebola sob adubação orgânica e biofertilizantes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 642-648, 2013.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. UFV, Viçosa, 1999, 399p.

ORLANDO FILHO, J. O.; BITTENCOURT, V. C.; CARMELLO, Q. A. C.; BEAUCLAIR, E. G. F. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 14, p. 13-17, 1996.

RÊGO, L. G. S.; MARTINS, C. M.; SILVA, E. F.; SILVA, J. J. A.; LIMA, R. N. S. Pedogenesis and soil classification of an experimental farm in Mossoró, state of Rio Grande do Norte, Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, p. 1036-1042, 2016.

ROMÁN, P.; MARTÍNEZ, M. M.; PANTOJA, A. **Manual de Compostaje Del Agricultor**: Experiencias en América Latina - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, 2013. 108p.

SCHIEDECK, G.; GONÇALVES, M. M.; SCHWENGBER, J. E. **Minhocultura e produção de húmus para a agricultura familiar**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 11p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 57).

SENTHILMURUGAN, S.; SATTANATHAN, G.; VIJAYAN, P.; PUGAZHENDY, K.; TAMIZHAZHAGAN, V. Evaluation of different concentration of vermiwash on seed germination and biochemical response in *Abelmoschus esculentus* (L.). **International Journal of Biology Research**, v. 3, n. 1, p. 228-231, 2018.

SILVA, F. C. 2009. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa, ed. 2, 627p.

SOUZA, R. F.; FAQUIN, V.; TORRES, P. R. F. BALIZA, D. P. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 975-983, 2006.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 8^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 894p.

TRANI, P. E.; BREDA JÚNIOR, J. M.; FACTOR, T. L. **Calagem e adubação da cebola (*Allium cepa* L.)**. Campinas: Instituto Agronômico, 2014. 35p.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; MEDICI, L. O.; SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 14-20, 2014.

APÊNDICE

Tabela 1A. Valores de F da análise de variância para produção classificada de bulbos (C1, C2, C3 e C4), produtividades total (PT), comercial (PC) e não comercial (PNC) de cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Fontes de variação	GL	C1	C2	C3	C4
Fontes (F)	1	3,10 ^{ns}	0,24 ^{ns}	1,99 ^{ns}	1,66 ^{ns}
Quantidades (Q)	4	0,22 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,16 ^{ns}
F x Q	4	0,74 ^{ns}	2,03 ^{ns}	1,18 ^{ns}	1,92 ^{ns}
CV (%)		71,94	25,44	34,30	97,39
		PT	PC	PNC	
Fontes (F)	1	3,61 ^{ns}	5,26*	13,04**	
Quantidades (Q)	4	5,73**	12,15**	8,25**	
F x Q	4	16,72**	28,28**	14,75**	
CV (%)		11,64	12,09	18,37	

** = P < 0,01; * = P < 0,05; ^{ns} = P > 0,05.

Tabela 2A. Valores de F da análise de variância para diâmetro longitudinal (DLB) e transversal do bulbo (DTB), índice de formato do bulbo (DLB/DTB), massas secas da parte aérea (MSPA), do bulbo (MSB) e total (MST) de cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Fontes de variação	GL	DLB	DTB	DLB/DTB
Fontes (F)	1	4,03 ^{ns}	1,94 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Quantidades (Q)	4	0,99 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,19 ^{ns}
F x Q	4	1,91 ^{ns}	2,54 ^{ns}	2,54 ^{ns}
CV (%)		6,87	9,33	4,19
		MSPA	MSB	MST
Fontes (F)	1	1,70 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,56 ^{ns}
Quantidades (Q)	4	0,48 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,20 ^{ns}
F x Q	4	1,17 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,97 ^{ns}
CV (%)		31,02	33,74	34,32

** = P < 0,01; * = P < 0,05; ^{ns} = P > 0,05.

Tabela 3A. Valores de F da análise de variância para sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT), potencial hidrogeniônico (pH), pungência (PUNG) e firmeza (FIRM) de bulbos de cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Fontes de variação	GL	SS	AT	SS/AT	pH	PUNG	FIRM
Fontes (F)	1	1,84 ^{ns}	11,01**	21,28**	80,17**	0,17 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Quantidades (Q)	4	2,39 ^{ns}	1,81 ^{ns}	1,35 ^{ns}	3,78*	7,80*	0,75 ^{ns}
F x Q	4	0,25 ^{ns}	4,44**	4,30**	10,22**	1,79 ^{ns}	1,28 ^{ns}
CV (%)		4,78	6,23	5,96	0,56	16,31	12,14

** = P < 0,01; * = P < 0,05; ^{ns} = P > 0,05.

Tabela 4A. Valores de F da análise de variância para teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) da folha diagnóstica da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Fontes de variação	GL	N	P	K	Ca	Mg
Fontes (F)	1	4,15*	4,29*	29,75**	3,37 ^{ns}	8,63*
Quantidades (Q)	4	1,00 ^{ns}	1,74 ^{ns}	2,78*	0,67 ^{ns}	4,21**
F x Q	4	6,19**	9,22**	6,08**	2,53 ^{ns}	2,23 ^{ns}
CV (%)		11,73	13,67	5,92	17,91	13,31

** = P < 0,01; * = P < 0,05; ^{ns} = P > 0,05.

Tabela 5A. Valores de F da análise de variância para os teores de magnésio (Mg), cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH) e matéria orgânica (MO) do solo após o cultivo da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Fontes de variação	GL	Mg	Ca	P	K
Fontes (F)	1	2,51 ^{ns}	5,76*	0,09 ^{ns}	1,02 ^{ns}
Quantidades (Q)	4	1,52 ^{ns}	1,22 ^{ns}	1,77 ^{ns}	2,34 ^{ns}
F x Q	4	6,00**	0,05 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,82 ^{ns}
CV (%)		22,66	12,64	40,26	15,54
		Na	CE	pH	MO
Fontes (F)	1	0,00 ^{ns}	0,48 ^{ns}	5,07*	18,07**
Quantidades (Q)	4	1,23 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,66 ^{ns}
F x Q	4	1,86 ^{ns}	1,78 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,57 ^{ns}
CV (%)		34,76	27,59	0,99	36,40

** = P < 0,01; * = P < 0,05; ^{ns} = P > 0,05.

Tabela 6A. Valores de F da análise de variância para bactérias esporulantes (BE), bactérias totais (BT), relação entre as bactérias esporulantes e totais (BE:BT), actinomicetos (ACT), fungos (FUN) e microrganismos totais (MT) do solo após o cultivo da cebola em função de fontes e quantidades de biofertilizantes aplicadas via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

Fontes de variação	GL	BE	BT	BE:BT	ACT	FUN	MT
Fontes (F)	1	0,00 ^{ns}	2,64 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,13 ^{ns}	3,97 ^{ns}
Quantidades (Q)	4	8,49**	3,69*	4,23**	1,11 ^{ns}	2,22 ^{ns}	2,43 ^{ns}
F x Q	4	2,37 ^{ns}	4,62**	3,10*	3,22*	4,69*	4,05**
CV (%)		13,91	39,10	41,88	63,10	16,26	31,45

** = P < 0,01; * = P < 0,05; ^{ns} = P > 0,05.

Tabela 7A. Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 6,0 t ha⁻¹ (50% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca bovino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS				12244,71	64,93
A.1 Insumos				4830,90	25,62
Sementes de cebola Vale Ouro IPA-11	kg	2,5	150,00	375,00	
Substrato comercial Plantmax	20 kg	6	89,90	539,40	
Esterco bovino para incorporação	t/ha	10	50,00	500,00	
Esterco bovino para preparar o húmus	t/ha	10	50,00	500,00	
Açúcar para ser adicionado ao biofertilizante	kg	300	1,69	507,00	
Óleo de neem	L	10	89,95	899,50	
Detergente neutro	L	30	2,00	60,00	
Embalagens	sc	1450	1,00	1450,00	
A.2 Mão-de-obra				5840,00	30,97
A.2.1 Custos com a produção de 6,0 ton de húmus de minhoca e do biofertilizante				600,00	
Irrigação dos canteiros das minhocas	d/h*	2	40,00	80,00	
Peneiramento do húmus e separação das minhocas	d/h*	10	40,00	400,00	
Preparo do biofertilizante	d/h*	3	40,00	120,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				5240,00	27,79
Limpeza do terreno	h/t**	1	120,00	120,00	
Aração	h/t**	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/t**	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/t**	4	120,00	480,00	
Distribuição e incorporação do esterco	d/h*	10	40,00	400,00	
Plantio	d/h*	20	40,00	800,00	
Desbaste	d/h*	20	40,00	800,00	
Fertirrigação com o biofertilizante	d/h*	4	40,00	160,00	
Capina manual	d/h*	10	40,00	400,00	
Colheita	d/h*	20	40,00	800,00	
Classificação e embalagem	d/h*	20	40,00	800,00	
A.3 Energia elétrica				770,00	4,08
Bombeamento de água de irrigação	Kw/h	3500	0,22	770,00	
A.4 Outras despesas				114,41	0,61
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	11440,90	114,41	
A.5 Manutenção e conservação				689,41	3,66
1% a.a. sobre o valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	20000,00	200,00	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	6991,50	489,41	
B. CUSTOS FIXOS				4913,99	26,06
B.1 Depreciação				943,99	5,01
		Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação
Poço		600	10000,00	4,5	75,00
Bomba submersa		60	2776,00	4,5	208,20
Galpão		600	10000,00	4,5	75,00
Tubos de 2"		120	498,00	4,5	18,68
Mangueira para gotejo		60	5460,00	4,5	409,50
Conexões		60	731,50	4,5	54,86
Tanque de alvenaria para a produção do biofertilizante		400	7000,00	4,5	78,75
Tanque de derivação de PVC para fertirrigação		60	320,00	4,5	24,00
B.2 Impostos e taxas				10,00	0,05
Imposto territorial rural	Hectare	1	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				3960,00	21,00
Aux. Administrativo	Salário	4,5	880,00	3960,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				17158,70	90,99
C.1 (A) + (B)				17158,70	
D. Custos de oportunidade (CO)				1699,84	9,01
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,53
Arrendamento	Hectare	1	100,00	100,00	
D.2. remuneração do capital fixo (6% a.a.)				1599,84	8,48
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	26664,00	1599,84	
E. CUSTOS TOTAIS				18858,54	100,00
E.1 CV + CF + CO				18858,54	

*d/h = dia/homem

** h/t = hora/trator

Tabela 8A. Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 12,0 t ha⁻¹ (100% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca bovino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS				14514,18	68,70
A.1 Insumos				6037,90	28,58
Sementes de cebola Vale Ouro IPA-11	kg	2,5	150,00	375,00	
Substrato comercial Plantmax	20 kg	6	89,90	539,40	
Esterco bovino para incorporação	t/ha	10	50,00	500,00	
Esterco bovino para preparar o húmus	t/ha	20	50,00	1000,00	
Açúcar para ser adicionado ao biofertilizante	kg	600	1,69	1014,00	
Óleo de neem	L	10	89,95	899,50	
Detergente neutro	L	30	2,00	60,00	
Embalagens	sc	1650	1,00	1650,00	
A.2 Mão-de-obra				6880,00	32,56
A.2.1 Custos com a produção de 12,0 ton de húmus de minhoca e do biofertilizante				1080,00	
Irrigação dos canteiros das minhocas	d/h*	3	40,00	120,00	
Peneiramento do húmus e separação das minhocas	d/h*	20	40,00	800,00	
Preparo do biofertilizante	d/h*	4	40,00	160,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				5800,00	27,45
Limpeza do terreno	h/t**	1	120,00	120,00	
Aração	h/t**	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/t**	2	120,00	240,00	
Confeção de canteiros	h/t**	4	120,00	480,00	
Distribuição e incorporação do esterco	d/h*	10	40,00	400,00	
Plantio	d/h*	20	40,00	800,00	
Desbaste	d/h*	20	40,00	800,00	
Fertirrigação com o biofertilizante	d/h*	8	40,00	320,00	
Capina manual	d/h*	10	40,00	400,00	
Colheita	d/h*	25	40,00	1000,00	
Classificação e embalagem	d/h*	25	40,00	1000,00	
A.3 Energia elétrica				770,00	3,64
Bombeamento de água de irrigação	Kw/h	3500	0,22	770,00	
A.4 Outras despesas				136,88	0,65
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	13687,90	136,88	
A.5 Manutenção e conservação				689,41	3,26
1% a.a. sobre o valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	20000,00	200,00	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	6991,50	489,41	
B. CUSTOS FIXOS				4913,99	23,26
B.1 Depreciação				943,99	4,47
		Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação
Poço	600	10000,00	4,5	75,00	
Bomba submersa	60	2776,00	4,5	208,20	
Galpão	600	10000,00	4,5	75,00	
Tubos de 2"	120	498,00	4,5	18,68	
Mangueira para gotejo	60	5460,00	4,5	409,50	
Conexões	60	731,50	4,5	54,86	
Tanque de alvenaria para a produção do biofertilizante	400	7000,00	4,5	78,75	
Tanque de derivação de PVC para fertirrigação	60	320,00	4,5	24,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	0,05
Imposto territorial rural	Hectare	1	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				3960,00	18,74
Aux. Administrativo	Salário	4,5	880,00	3960,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				19428,17	91,95
C.1 (A) + (B)				19428,17	
D. Custos de oportunidade (CO)				1699,84	8,05
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,47
Arrendamento	Hectare	1	100,00	100,00	
D.2. remuneração do capital fixo (6% a.a.)				1599,84	7,57
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	26664,00	1599,84	
E. CUSTOS TOTAIS				21128,01	100,00
E.1 CV + CF + CO				21128,01	

*d/h = dia/homem

**h/t = hora/trator

Tabela 9A. Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 18,0 t ha⁻¹ (150% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca bovino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS				16248,35	71,07
A.1 Insumos				7114,90	31,12
Sementes de cebola Vale Ouro IPA-11	kg	2,5	150,00	375,00	
Substrato comercial Plantmax	20 kg	6	89,90	539,40	
Estercos bovino para incorporação	t/ha	10	50,00	500,00	
Estercos bovino para preparar o húmus	t/ha	30	50,00	1500,00	
Açúcar para ser adicionado ao biofertilizante	kg	900	1,69	1521,00	
Óleo de neem	L	10	89,95	899,50	
Detergente neutro	L	30	2,00	60,00	
Embalagens	sc	1720	1,00	1720,00	
A.2 Mão-de-obra				7520,00	32,89
A.2.1 Custos com a produção de 18,0 ton de húmus de minhoca e do biofertilizante				1560,00	
Irrigação dos canteiros das minhocas	d/h*	4	40,00	160,00	
Peneiramento do húmus e separação das minhocas	d/h*	30	40,00	1200,00	
Preparo do biofertilizante	d/h*	5	40,00	200,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				5960,00	26,07
Limpeza do terreno	h/t**	1	120,00	120,00	
Aração	h/t**	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/t**	2	120,00	240,00	
Confeção de canteiros	h/t**	4	120,00	480,00	
Distribuição e incorporação do estercos	d/h*	10	40,00	400,00	
Plantio	d/h*	20	40,00	800,00	
Desbaste	d/h*	20	40,00	800,00	
Fertirrigação com o biofertilizante	d/h*	12	40,00	480,00	
Capina manual	d/h*	10	40,00	400,00	
Colheita	d/h*	25	40,00	1000,00	
Classificação e embalagem	d/h*	25	40,00	1000,00	
A.3 Energia elétrica				770,00	3,37
Bombeamento de água de irrigação	Kw/h	3500	0,22	770,00	
A.4 Outras despesas				154,05	0,67
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	15404,90	154,05	
A.5 Manutenção e conservação				689,41	3,02
1% a.a. sobre o valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	20000,00	200,00	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	6991,50	489,41	
B. CUSTOS FIXOS				4913,99	21,49
B.1 Depreciação				943,99	4,13
		Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação
Poço	600	10000,00	4,5	75,00	
Bomba submersa	60	2776,00	4,5	208,20	
Galpão	600	10000,00	4,5	75,00	
Tubos de 2"	120	498,00	4,5	18,68	
Mangueira para gotejo	60	5460,00	4,5	409,50	
Conexões	60	731,50	4,5	54,86	
Tanque de alvenaria para a produção do biofertilizante	400	7000,00	4,5	78,75	
Tanque de derivação de PVC para fertirrigação	60	320,00	4,5	24,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	0,04
Imposto territorial rural	Hectare	1	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				3960,00	17,32
Aux. Administrativo	Salário	4,5	880,00	3960,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				21162,34	92,56
C.1 (A) + (B)				21162,34	
D. Custos de oportunidade (CO)				1699,84	7,44
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,44
Arrendamento	Hectare	1	100,00	100,00	
D.2. remuneração do capital fixo (6% a.a.)				1599,84	7,00
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	26664,00	1599,84	
E. CUSTOS TOTAIS				22862,18	100,00
E.1 CV + CF + CO				22862,18	

*d/h = dia/homem

**h/t = hora/trator

Tabela 10A. Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 24,0 t ha⁻¹ (200% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca bovino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS				17942,12	73,07
A.1 Insumos				8151,90	33,20
Sementes de cebola Vale Ouro IPA-11	kg	2,5	150,00	375,00	
Substrato comercial Plantmax	20 kg	6	89,90	539,40	
Estercos bovino para incorporação	t/ha	10	50,00	500,00	
Estercos bovino para preparar o húmus	t/ha	40	50,00	2000,00	
Açúcar para ser adicionado ao biofertilizante	kg	1200	1,69	2028,00	
Óleo de neem	L	10	89,95	899,50	
Detergente neutro	L	30	2,00	60,00	
Embalagens	sc	1750	1,00	1750,00	
A.2 Mão-de-obra				8160,00	33,23
A.2.1 Custos com a produção de 24,0 ton de húmus de minhoca e do biofertilizante				2040,00	
Irrigação dos canteiros das minhocas	d/h*	5	40,00	200,00	
Peneiramento do húmus e separação das minhocas	d/h*	40	40,00	1600,00	
Preparo do biofertilizante	d/h*	6	40,00	240,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				6120,00	24,92
Limpeza do terreno	h/t**	1	120,00	120,00	
Aração	h/t**	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/t**	2	120,00	240,00	
Confeção de canteiros	h/t**	4	120,00	480,00	
Distribuição e incorporação do estercos	d/h*	10	40,00	400,00	
Plantio	d/h*	20	40,00	800,00	
Desbaste	d/h*	20	40,00	800,00	
Fertirrigação com o biofertilizante	d/h*	16	40,00	640,00	
Capina manual	d/h*	10	40,00	400,00	
Colheita	d/h*	25	40,00	1000,00	
Classificação e embalagem	d/h*	25	40,00	1000,00	
A.3 Energia elétrica				770,00	3,14
Bombeamento de água de irrigação	Kw/h	3500	0,22	770,00	
A.4 Outras despesas				170,82	0,70
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	17081,90	170,82	
A.5 Manutenção e conservação				689,41	2,81
1% a.a. sobre o valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	20000,00	200,00	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	6991,50	489,41	
B. CUSTOS FIXOS				4913,99	20,01
B.1 Depreciação				943,99	3,84
		Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação
Poço	600	10000,00	4,5	75,00	
Bomba submersa	60	2776,00	4,5	208,20	
Galpão	600	10000,00	4,5	75,00	
Tubos de 2"	120	498,00	4,5	18,68	
Mangueira para gotejo	60	5460,00	4,5	409,50	
Conexões	60	731,50	4,5	54,86	
Tanque de alvenaria para a produção do biofertilizante	400	7000,00	4,5	78,75	
Tanque de derivação de PVC para fertirrigação	60	320,00	4,5	24,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	0,04
Imposto territorial rural	Hectare	1	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				3960,00	16,13
Aux. Administrativo	Salário	4,5	880,00	3960,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				22856,11	93,08
C.1 (A) + (B)				22856,11	
D. Custos de oportunidade (CO)				1699,84	6,92
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,41
Arrendamento	Hectare	1	100,00	100,00	
D.2. remuneração do capital fixo (6% a.a.)				1599,84	6,52
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	26664,00	1599,84	
E. CUSTOS TOTAIS				24555,95	100,00
E.1 CV + CF + CO				24555,95	

*d/h = dia/homem

**h/t = hora/trator

Tabela 11A. Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 30,0 t ha⁻¹ (250% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca bovino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS				21221,59	76,24
A.1 Insumos				9958,90	35,78
Sementes de cebola Vale Ouro IPA-11	kg	2,5	150,00	375,00	
Substrato comercial Plantmax	20 kg	6	89,90	539,40	
Estercos bovino para incorporação	t/ha	10	50,00	500,00	
Estercos bovino para preparar o húmus	t/ha	50	50,00	2500,00	
Açúcar para ser adicionado ao biofertilizante	kg	1500	1,69	2535,00	
Óleo de neem	L	10	89,95	899,50	
Detergente neutro	L	30	2,00	60,00	
Embalagens	sc	2550	1,00	2550,00	
A.2 Mão-de-obra				9600,00	34,49
A.2.1 Custos com a produção de 30,0 ton de húmus de minhoca e do biofertilizante				2520,00	
Irrigação dos canteiros das minhocas	d/h*	6	40,00	240,00	
Peneiramento do húmus e separação das minhocas	d/h*	50	40,00	2000,00	
Preparo do biofertilizante	d/h*	7	40,00	280,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				7080,00	25,44
Limpeza do terreno	h/t**	1	120,00	120,00	
Aração	h/t**	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/t**	2	120,00	240,00	
Confeção de canteiros	h/t**	4	120,00	480,00	
Distribuição e incorporação do estercos	d/h*	10	40,00	400,00	
Plantio	d/h*	20	40,00	800,00	
Desbaste	d/h*	20	40,00	800,00	
Fertirrigação com o biofertilizante	d/h*	20	40,00	800,00	
Capina manual	d/h*	10	40,00	400,00	
Colheita	d/h*	35	40,00	1400,00	
Classificação e embalagem	d/h*	35	40,00	1400,00	
A.3 Energia elétrica				770,00	2,77
Bombeamento de água de irrigação	Kw/h	3500	0,22	770,00	
A.4 Outras despesas				203,29	0,73
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	20328,90	203,29	
A.5 Manutenção e conservação				689,41	2,48
1% a.a. sobre o valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	20000,00	200,00	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	6991,50	489,41	
B. CUSTOS FIXOS				4913,99	17,65
B.1 Depreciação				943,99	3,39
		Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação
Poço	600	10000,00	4,5	75,00	
Bomba submersa	60	2776,00	4,5	208,20	
Galpão	600	10000,00	4,5	75,00	
Tubos de 2"	120	498,00	4,5	18,68	
Mangueira para gotejo	60	5460,00	4,5	409,50	
Conexões	60	731,50	4,5	54,86	
Tanque de alvenaria para a produção do biofertilizante	400	7000,00	4,5	78,75	
Tanque de derivação de PVC para fertirrigação	60	320,00	4,5	24,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	0,04
Imposto territorial rural	Hectare	1	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				3960,00	14,23
Aux. Administrativo	Salário	4,5	880,00	3960,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				26135,58	93,89
C.1 (A) + (B)				26135,58	
D. Custos de oportunidade (CO)				1699,84	6,11
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,36
Arrendamento	Hectare	1	100,00	100,00	
D.2. remuneração do capital fixo (6% a.a.)				1599,84	5,75
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	26664,00	1599,84	
E. CUSTOS TOTAIS				27835,42	100,00
E.1 CV + CF + CO				27835,42	

*d/h = dia/homem

**h/t = hora/trator

Tabela 12A. Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 4,0 t ha⁻¹ (50% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca caprino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS				11710,42	63,91
A.1 Insumos				4541,90	24,79
Sementes de cebola Vale Ouro IPA-11	kg	2,5	150,00	375,00	
Substrato comercial Plantmax	20 kg	6	89,90	539,40	
Esterco bovino para incorporação	t/ha	10	50,00	500,00	
Esterco bovino para preparar o húmus	t/ha	7	50,00	350,00	
Açúcar para ser adicionado ao biofertilizante	kg	200	1,69	338,00	
Óleo de neem	L	10	89,95	899,50	
Detergente neutro	L	30	2,00	60,00	
Embalagens	sc	1480	1,00	1480,00	
A.2 Mão-de-obra				5600,00	30,56
A.2.1 Custos com a produção de 4,0 ton de húmus de minhoca e do biofertilizante				400,00	
Irrigação dos canteiros das minhocas	d/h*	1	40,00	40,00	
Peneiramento do húmus e separação das minhocas	d/h*	7	40,00	280,00	
Preparo do biofertilizante	d/h*	2	40,00	80,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				5200,00	28,38
Limpeza do terreno	h/t**	1	120,00	120,00	
Aração	h/t**	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/t**	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/t**	4	120,00	480,00	
Distribuição e incorporação do esterco	d/h*	10	40,00	400,00	
Plantio	d/h*	20	40,00	800,00	
Desbaste	d/h*	20	40,00	800,00	
Fertirrigação com o biofertilizante	d/h*	3	40,00	120,00	
Capina manual	d/h*	10	40,00	400,00	
Colheita	d/h*	20	40,00	800,00	
Classificação e embalagem	d/h*	20	40,00	800,00	
A.3 Energia elétrica				770,00	4,20
Bombeamento de água de irrigação	Kw/h	3500	0,22	770,00	
A.4 Outras despesas				109,12	0,60
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	10911,90	109,12	
A.5 Manutenção e conservação				689,41	3,76
1% a.a. sobre o valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	20000,00	200,00	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	6991,50	489,41	
B. CUSTOS FIXOS				4913,99	26,82
B.1 Depreciação				943,99	5,15
	Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação	
Poço	600	10000,00	4,5	75,00	
Bomba submersa	60	2776,00	4,5	208,20	
Galpão	600	10000,00	4,5	75,00	
Tubos de 2"	120	498,00	4,5	18,68	
Mangueira para gotejo	60	5460,00	4,5	409,50	
Conexões	60	731,50	4,5	54,86	
Tanque de alvenaria para a produção do biofertilizante	400	7000,00	4,5	78,75	
Tanque de derivação de PVC para fertirrigação	60	320,00	4,5	24,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	0,05
Imposto territorial rural	Hectare	1	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				3960,00	21,61
Aux. Administrativo	Salário	4,5	880,00	3960,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				16624,41	90,72
C.1 (A) + (B)				16624,41	
D. Custos de oportunidade (CO)				1699,84	9,28
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,55
Arrendamento	Hectare	1	100,00	100,00	
D.2. remuneração do capital fixo (6% a.a.)				1599,84	8,73
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	26664,00	1599,84	
E. CUSTOS TOTAIS				18324,25	100,00
E.1 CV + CF + CO				18324,25	

*d/h = dia/homem

**h/t = hora/trator

Tabela 13A. Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 8,0 t ha⁻¹ (100% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca caprino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS				15910,00	70,64
A.1 Insumos				6619,90	29,39
Sementes de cebola Vale Ouro IPA-11	kg	2,5	150,00	375,00	
Substrato comercial Plantmax	20 kg	6	89,90	539,40	
Estercos bovino para incorporação	t/ha	10	50,00	500,00	
Estercos bovino para preparar o húmus	t/ha	14	50,00	700,00	
Açúcar para ser adicionado ao biofertilizante	kg	400	1,69	676,00	
Óleo de neem	L	10	89,95	899,50	
Detergente neutro	L	30	2,00	60,00	
Embalagens	sc	2870	1,00	2870,00	
A.2 Mão-de-obra				7680,00	34,10
A.2.1 Custos com a produção de 8,0 ton de húmus de minhoca e do biofertilizante				760,00	
Irrigação dos canteiros das minhocas	d/h*	2	40,00	80,00	
Peneiramento do húmus e separação das minhocas	d/h*	14	40,00	560,00	
Preparo do biofertilizante	d/h*	3	40,00	120,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				6920,00	30,72
Limpeza do terreno	h/t**	1	120,00	120,00	
Aração	h/t**	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/t**	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/t**	4	120,00	480,00	
Distribuição e incorporação do estercos	d/h*	10	40,00	400,00	
Plantio	d/h*	20	40,00	800,00	
Desbaste	d/h*	20	40,00	800,00	
Fertirrigação com o biofertilizante	d/h*	6	40,00	240,00	
Capina manual	d/h*	10	40,00	400,00	
Colheita	d/h*	40	40,00	1600,00	
Classificação e embalagem	d/h*	40	40,00	1600,00	
A.3 Energia elétrica				770,00	3,42
Bombeamento de água de irrigação	Kw/h	3500	0,22	770,00	
A.4 Outras despesas				150,70	0,67
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	15069,90	150,70	
A.5 Manutenção e conservação				689,41	3,06
1% a.a. sobre o valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	20000,00	200,00	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	6991,50	489,41	
B. CUSTOS FIXOS				4913,99	21,82
B.1 Depreciação				943,99	4,19
		Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação
Poço	600	10000,00	4,5	75,00	
Bomba submersa	60	2776,00	4,5	208,20	
Galpão	600	10000,00	4,5	75,00	
Tubos de 2"	120	498,00	4,5	18,68	
Mangueira para gotejo	60	5460,00	4,5	409,50	
Conexões	60	731,50	4,5	54,86	
Tanque de alvenaria para a produção do biofertilizante	400	7000,00	4,5	78,75	
Tanque de derivação de PVC para fertirrigação	60	320,00	4,5	24,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	0,04
Imposto territorial rural	Hectare	1	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				3960,00	17,58
Aux. Administrativo	Salário	4,5	880,00	3960,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				20823,99	92,45
C.1 (A) + (B)				20823,99	
D. Custos de oportunidade (CO)				1699,84	7,55
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,44
Arrendamento	Hectare	1	100,00	100,00	
D.2. remuneração do capital fixo (6% a.a.)				1599,84	7,10
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	26664,00	1599,84	
E. CUSTOS TOTAIS				22523,83	100,00
E.1 CV + CF + CO				22523,83	

*d/h = dia/homem

**h/t = hora/trator

Tabela 14A. Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 12,0 t ha⁻¹ (150% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca caprino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS				15877,68	70,59
A.1 Insumos				6507,90	28,93
Sementes de cebola Vale Ouro IPA-11	kg	2,5	150,00	375,00	
Substrato comercial Plantmax	20 kg	6	89,90	539,40	
Estercos bovino para incorporação	t/ha	10	50,00	500,00	
Estercos bovino para preparar o húmus	t/ha	21	50,00	1050,00	
Açúcar para ser adicionado ao biofertilizante	kg	600	1,69	1014,00	
Óleo de neem	L	10	89,95	899,50	
Detergente neutro	L	30	2,00	60,00	
Embalagens	sc	2070	1,00	2070,00	
A.2 Mão-de-obra				7760,00	34,50
A.2.1 Custos com a produção de 12,0 ton de húmus de minhoca e do biofertilizante				1120,00	
Irrigação dos canteiros das minhocas	d/h*	3	40,00	120,00	
Peneiramento do húmus e separação das minhocas	d/h*	21	40,00	840,00	
Preparo do biofertilizante	d/h*	4	40,00	160,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				6640,00	29,52
Limpeza do terreno	h/t**	1	120,00	120,00	
Aração	h/t**	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/t**	2	120,00	240,00	
Confeção de canteiros	h/t**	4	120,00	480,00	
Distribuição e incorporação do estercos	d/h*	10	40,00	400,00	
Plantio	d/h*	20	40,00	800,00	
Desbaste	d/h*	20	40,00	800,00	
Fertirrigação com o biofertilizante	d/h*	9	40,00	360,00	
Capina manual	d/h*	10	40,00	400,00	
Colheita	d/h*	35	40,00	1400,00	
Classificação e embalagem	d/h*	35	40,00	1400,00	
A.3 Energia elétrica				770,00	3,42
Bombeamento de água de irrigação	Kw/h	3500	0,22	770,00	
A.4 Outras despesas				150,38	0,67
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	15037,90	150,38	
A.5 Manutenção e conservação				689,41	3,07
1% a.a. sobre o valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	20000,00	200,00	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	6991,50	489,41	
B. CUSTOS FIXOS				4913,99	21,85
B.1 Depreciação				943,99	4,20
		Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação
Poço	600	10000,00	4,5	75,00	
Bomba submersa	60	2776,00	4,5	208,20	
Galpão	600	10000,00	4,5	75,00	
Tubos de 2"	120	498,00	4,5	18,68	
Mangueira para gotejo	60	5460,00	4,5	409,50	
Conexões	60	731,50	4,5	54,86	
Tanque de alvenaria para a produção do biofertilizante	400	7000,00	4,5	78,75	
Tanque de derivação de PVC para fertirrigação	60	320,00	4,5	24,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	0,04
Imposto territorial rural	Hectare	1	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				3960,00	17,61
Aux. Administrativo	Salário	4,5	880,00	3960,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				20791,67	92,44
C.1 (A) + (B)				20791,67	
D. Custos de oportunidade (CO)				1699,84	7,56
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,44
Arrendamento	Hectare	1	100,00	100,00	
D.2. remuneração do capital fixo (6% a.a.)				1599,84	7,11
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	26664,00	1599,84	
E. CUSTOS TOTAIS				22491,51	100,00
E.1 CV + CF + CO				22491,51	

*d/h = dia/homem

**h/t = hora/trator

Tabela 15A. Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 16,0 t ha⁻¹ (200% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca caprino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS				16794,76	71,75
A.1 Insumos				7175,90	30,65
Sementes de cebola Vale Ouro IPA-11	kg	2,5	150,00	375,00	
Substrato comercial Plantmax	20 kg	6	89,90	539,40	
Estercos bovino para incorporação	t/ha	10	50,00	500,00	
Estercos bovino para preparar o húmus	t/ha	28	50,00	1400,00	
Açúcar para ser adicionado ao biofertilizante	kg	800	1,69	1352,00	
Óleo de neem	L	10	89,95	899,50	
Detergente neutro	L	30	2,00	60,00	
Embalagens	sc	2050	1,00	2050,00	
A.2 Mão-de-obra				8000,00	34,18
A.2.1 Custos com a produção de 16,0 ton de húmus de minhoca e do biofertilizante				1480,00	
Irrigação dos canteiros das minhocas	d/h*	4	40,00	160,00	
Peneiramento do húmus e separação das minhocas	d/h*	28	40,00	1120,00	
Preparo do biofertilizante	d/h*	5	40,00	200,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				6520,00	27,85
Limpeza do terreno	h/t**	1	120,00	120,00	
Aração	h/t**	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/t**	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/t**	4	120,00	480,00	
Distribuição e incorporação do estercos	d/h*	10	40,00	400,00	
Plantio	d/h*	20	40,00	800,00	
Desbaste	d/h*	20	40,00	800,00	
Fertirrigação com o biofertilizante	d/h*	12	40,00	480,00	
Capina manual	d/h*	10	40,00	400,00	
Colheita	d/h*	32	40,00	1280,00	
Classificação e embalagem	d/h*	32	40,00	1280,00	
A.3 Energia elétrica				770,00	3,29
Bombeamento de água de irrigação	Kw/h	3500	0,22	770,00	
A.4 Outras despesas				159,46	0,68
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	15945,90	159,46	
A.5 Manutenção e conservação				689,41	2,95
1% a.a. sobre o valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	20000,00	200,00	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	6991,50	489,41	
B. CUSTOS FIXOS				4913,99	20,99
B.1 Depreciação				943,99	4,03
		Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação
Poço	600	10000,00	4,5	75,00	
Bomba submersa	60	2776,00	4,5	208,20	
Galpão	600	10000,00	4,5	75,00	
Tubos de 2"	120	498,00	4,5	18,68	
Mangueira para gotejo	60	5460,00	4,5	409,50	
Conexões	60	731,50	4,5	54,86	
Tanque de alvenaria para a produção do biofertilizante	400	7000,00	4,5	78,75	
Tanque de derivação de PVC para fertirrigação	60	320,00	4,5	24,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	0,04
Imposto territorial rural	Hectare	1	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				3960,00	16,92
Aux. Administrativo	Salário	4,5	880,00	3960,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				21708,75	92,74
C.1 (A) + (B)				21708,75	
D. Custos de oportunidade (CO)				1699,84	7,26
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,43
Arrendamento	Hectare	1	100,00	100,00	
D.2. remuneração do capital fixo (6% a.a.)				1599,84	6,83
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	26664,00	1599,84	
E. CUSTOS TOTAIS				23408,59	100,00
E.1 CV + CF + CO				23408,59	

*d/h = dia/homem

**h/t = hora/trator

Tabela 16A. Custos variáveis e fixos da produção por hectare de cebola adubada com 20,0 t ha⁻¹ (250% de N) de biofertilizante de húmus de minhoca caprino aplicado via fertirrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2019.

COMPONENTES	Un.	Qte	Preço (R\$)		% sobre CT
			Un.	TOTAL	
A. CUSTOS VARIÁVEIS				16328,14	71,17
A.1 Insumos				7193,90	31,36
Sementes de cebola Vale Ouro IPA-11	kg	2,5	150,00	375,00	
Substrato comercial Plantmax	20 kg	6	89,90	539,40	
Esterco bovino para incorporação	t/ha	10	50,00	500,00	
Esterco bovino para preparar o húmus	t/ha	35	50,00	1750,00	
Açúcar para ser adicionado ao biofertilizante	kg	1000	1,69	1690,00	
Óleo de neem	L	10	89,95	899,50	
Detergente neutro	L	30	2,00	60,00	
Embalagens	sc	1380	1,00	1380,00	
A.2 Mão-de-obra				7520,00	32,78
A.2.1 Custos com a produção de 20,0 ton de húmus de minhoca e do biofertilizante				1840,00	
Irrigação dos canteiros das minhocas	d/h*	5	40,00	200,00	
Peneiramento do húmus e separação das minhocas	d/h*	35	40,00	1400,00	
Preparo do biofertilizante	d/h*	6	40,00	240,00	
A.2.2 Custos com demais serviços				5680,00	24,76
Limpeza do terreno	h/t**	1	120,00	120,00	
Aração	h/t**	2	120,00	240,00	
Gradagem	h/t**	2	120,00	240,00	
Confecção de canteiros	h/t**	4	120,00	480,00	
Distribuição e incorporação do esterco	d/h*	10	40,00	400,00	
Plantio	d/h*	20	40,00	800,00	
Desbaste	d/h*	20	40,00	800,00	
Fertirrigação com o biofertilizante	d/h*	15	40,00	600,00	
Capina manual	d/h*	10	40,00	400,00	
Colheita	d/h*	20	40,00	800,00	
Classificação e embalagem	d/h*	20	40,00	800,00	
A.3 Energia elétrica				770,00	3,36
Bombeamento de água de irrigação	Kw/h	3500	0,22	770,00	
A.4 Outras despesas				154,84	0,67
1% sobre (A.1), (A.2) e (A.3)	%	0,01	15483,90	154,84	
A.5 Manutenção e conservação				689,41	3,00
1% a.a. sobre o valor das construções (galpão e poço)	%	0,01	20000,00	200,00	
7% a.a. sobre valor do sistema de irrigação	%	0,07	6991,50	489,41	
B. CUSTOS FIXOS				4913,99	21,42
B.1 Depreciação				943,99	4,11
		Vida útil (mês)	Valor (R\$)	Meses	Depreciação
Poço	600	10000,00	4,5	75,00	
Bomba submersa	60	2776,00	4,5	208,20	
Galpão	600	10000,00	4,5	75,00	
Tubos de 2"	120	498,00	4,5	18,68	
Mangueira para gotejo	60	5460,00	4,5	409,50	
Conexões	60	731,50	4,5	54,86	
Tanque de alvenaria para a produção do biofertilizante	400	7000,00	4,5	78,75	
Tanque de derivação de PVC para fertirrigação	60	320,00	4,5	24,00	
B.2 Impostos e taxas				10,00	0,04
Imposto territorial rural	Hectare	1	10	10,00	
B.3 Mão-de-obra				3960,00	17,26
Aux. Administrativo	Salário	4,5	880,00	3960,00	
C. Custos operacionais totais (COT)				21242,13	92,59
C.1 (A) + (B)				21242,13	
D. Custos de oportunidade (CO)				1699,84	7,41
D.1. Remuneração da terra				100,00	0,44
Arrendamento	Hectare	1	100,00	100,00	
D.2. remuneração do capital fixo (6% a.a.)				1599,84	6,97
Infra-estrutura, máquinas e equipamentos	%	0,06	26664,00	1599,84	
E. CUSTOS TOTAIS				22941,97	100,00
E.1 CV + CF + CO				22941,97	

*d/h = dia/homem

**h/t = hora/trator