

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**FITOTECNIA**

**TESE**

**Fertilização com composto orgânico fermentado e o  
emprego de cobertura morta do solo no desempenho  
agroeconômico de hortaliças em sucessão**

**PAULO HENRIQUE DE LIMA**

**2018**



**UFRRJ**

**INSTITUTO DE AGRONOMIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**Fertilização com composto orgânico fermentado e o  
emprego de cobertura morta do solo no desempenho  
agroeconômico de hortaliças em sucessão**

**Paulo Henrique de Lima**

*Sob a Orientação do Pesquisador*  
**José Guilherme Marinho Guerra**

*e Co-orientação do pesquisador*  
**Guilherme Mantedon Chaer**

Tese submetida como requisito  
parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Fitotecnia**, Área de  
Concentração em Agroecologia.

**Seropédica, RJ**

**Abril de 2018**

**Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de  
Processamento Técnico**

**Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a)  
autor(a)**

L732f Lima, Paulo Henrique de, 1983-  
Fertilização com composto orgânico fermentado e o  
emprego de cobertura morta do solo no desempenho  
agroeconômico de hortaliças em sucessão / Paulo Henrique de  
Lima. - 2018.  
141 f.: il.

Orientador: José Guilherme Marinho Guerra.  
Coorientador: Guilherme Mantendon Chaer.

Tese(Doutorado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, 2018.

1. Agroecologia. 2. Produção orgânica. 3. *Daucus carota*. 4. *Basella alba*. 5. Cromatografia Circular Plana. I. Guerra, José Guilherme Marinho, 1962-, orient. II. Chaer, Guilherme Mantendon, -, coorient. III Universidade Federal Rural do Rio

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**PAULO HENRIQUE DE LIMA**

Tese submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Doutor em Fitotecnia**, no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Área de concentração Agroecologia

TESE APROVADA EM 27/04/2018

---

Dr. JOSÉ GUILHERME MARINHO GUERRA, EMBRAPA  
(Orientador)

---

Dr. MANOEL BALTASAR BAPTISTA DA COSTA  
(Examinador Externo a Instituição)

---

Dr. EDNALDO DA SILVA ARAÚJO, EMBRAPA  
(Examinador Externo a Instituição)

---

Dr.<sup>a</sup>. NORMA GOUVÊA RUMJANEK, EMBRAPA  
(Examinador Interno)

---

Dr. RAUL DE LUCENA DUARTE RIBEIRO, UFRRJ  
(Examinador Interno)

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Maria das Graças e Paulo Donizetti,  
minha esposa Nádia e minha filha Diana  
por todo o amor recebido dedico este trabalho a vocês.*

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia e à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À EMBRAPA agrobiologia e à Fazendinha Agroecológica Km 47 pelo excelente ambiente de aprendizado e apoio técnico e estrutural.

Ao meu orientador José Guilherme Marinho Guerra pela orientação, generosidade, companheirismo e por me conduzir pelos caminhos da ciência com todo cuidado e compreensão peculiar dos grandes mestres.

Ao pesquisador Guilherme Montedon Chaer por todo o apoio técnico nas análises biológicas.

A todos os pesquisadores do núcleo de agricultura orgânica da EMBRAPA agrobiologia por me acolherem como aprendiz e me ensinarem os valores e o compromisso com o ensino, pesquisa e a extensão rural.

Ao professor Manoel Baltasar Baptista da Costa por ter me apontado o caminho rumo à Seropédica e ter me ensinado o verdadeiro valor e significado da coisa pública e da coletividade nos espaços de aprendizado.

Ao assistente de laboratório Rosinaldo Feital (Naldo) pelo companheirismo e auxílio na condução do trabalho.

Aos funcionários da Fazendinha Agroecológica Km 47 por toda a ajuda na condução dos experimentos de campo e pela amizade que cultivamos juntamente com a cenoura e a bertalha.

Aos companheiros Livia, Lucia Helena e Pedro por todo o apoio e amizade em todos esses anos de aprendizado juntos.

A todos os agricultores e agricultoras familiares brasileiros por serem a fonte de inspiração para esse trabalho.

À equipe da Fundação Solidaridad Latinoamerica por acreditarem no meu potencial e caminharmos juntos em prol do desenvolvimento rural.

Aos meus pais e irmãos, Ana Rita e Daniel, por todo o carinho, amor e confiança que nutrimos mesmo estando distante.

À minha esposa Nádia pelo amor e apoio incondicional que encontro em seus braços.

À minha filha Diana que fez meu mundo mais colorido desde a sua chegada e que me nutre diariamente com o mais puro amor.

*Debulhar o trigo  
Recolher cada bago do trigo  
Forjar no trigo o milagre do pão  
E se fartar de pão  
Decepar a cana  
Recolher a garapa da cana  
Roubar da cana a doçura do mel  
Se lambuzar de mel  
Afagar a terra  
Conhecer os desejos da terra  
Cio da terra propícia estação  
E fecundar o chão*

*(Milton Nascimento e Chico Buarque, “O cio da terra”, 1977)*

## RESUMO GERAL

LIMA, Paulo Henrique de. **Fertilização com composto orgânico fermentado e o emprego de cobertura morta do solo no desempenho agroeconômico de hortaliças em sucessão**. Seropédica: UFRRJ. 2018. 158 p. (Tese, Doutorado em Fitotecnia).

No primeiro ano agrícola foi realizada análise de crescimento da cultura da cenoura em função dos tratamentos dose de composto orgânico fermentado (0, 50, 100, 200 e 400 Kg de N total ha<sup>-1</sup>) e cobertura vegetal morta. No primeiro e no segundo ano de cultivo foi realizada avaliação do desempenho agroeconômico da cultura da cenoura e da beralha (*Basella alba*), submetida aos tratamentos. Os parâmetros agrônômicos avaliados em relação à cultura da cenoura foram produtividade e o diâmetro médio de raiz. A cultura da beralha foi cultivada após a colheita da cenoura com o objetivo de se avaliar o efeito residual da fertilização com composto fermentado na sucessão cenoura x beralha. Os parâmetros agrônômicos avaliados no desempenho da cultura da beralha foram produtividade da biomassa fresca, produtividade da biomassa seca e área foliar (cm<sup>2</sup>). Ao final dos ciclos produtivos, nos dois anos agrícolas, os dados de custo de produção da dose ótima e do tratamento sem adição de composto foram confrontados com os dados de renda bruta para a estimativa do Renda Líquida, levando em consideração os preços praticados no circuito de feiras orgânicas e no mercado atacadista. Foi realizado, nos dois anos de cultivo, avaliação de indicadores biológicos Carbono da Biomassa Microbiana (CBM), Respiração Basal do Solo (RBS), Quociente Metabólico (qCO<sub>2</sub>), atividade da enzima β-glicosidase e da avaliação de hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) visando a melhor compreensão da influência do uso do composto fermentado, aliado à cobertura morta vegetal, nos microrganismos do solo. Foi feito um estudo do potencial da técnica de Cromatografia Circular Plana de Pfeiffer (CCPP) e a correlação de seus padrões com atributos da matéria orgânica. A cobertura morta do solo feita com capim napiê cultivar Cameroon não influenciou diretamente, à curto prazo, nos valores de carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo, quociente metabólico, atividade da β-glicosidase e FDA. Os valores do CBM, RBS, qCO<sub>2</sub>, atividade da β-glicosidase e da FDA foram influenciados pelas doses de composto orgânico fermentado utilizadas. No primeiro ano de avaliações a dose ótima observada para a cultura da cenoura de 237,5 kg de N ha<sup>-1</sup>, com cobertura morta do solo, apresentou a maior produtividade de raízes – 78,8 Mg ha<sup>-1</sup>. No segundo ano de cultivo a dose de 371,5 kg de total ha<sup>-1</sup> apresentou a maior produtividade de raízes – 62,7 Mg ha<sup>-1</sup>. O rendimento econômico líquido da sucessão cultural cenoura-beralha é positivamente influenciado pela aplicação de cobertura morta e pela fertilização com composto fermentado, sendo os maiores valores auferidos quando a comercialização se dá de forma direta em um cenário de feira orgânica em detrimento da comercialização no mercado atacadista convencional. A CCPP se mostrou uma técnica sensível para a predição da concentração e proporção da fração ácido fúlvico e da fração ácido húmico em amostra de solo.

**Palavras chave:** Agroecologia, Produção Orgânica; *Daucus carota*; *Basella Alba*; Cromatografia Circular Plana

## GENERAL SUMMARY

LIMA, Paulo Henrique de. **Fertilization with fermented organic compost and the use of mulch in the agro economic performance of vegetables in succession**. Seropédica: UFRRJ. 2018. 158 p. (Thesis, Doctorate in Phytotechnology).

In the first crop year, carrot (*Daucus carota*) growth analysis was performed considering the fermented organic compound dose (0, 50, 100, 200 and 400 kg of total N ha<sup>-1</sup>) and mulch. During the first and second years of cultivation, the agro economic performance of carrot (*Daucus carota*) and Indian spinach (*Basella alba*), submitted to the treatments, was evaluated. The agronomic parameters assessed in relation to the carrot crop were productivity and root diameter. The Indian spinach (*Basella alba*) was cultivated after the carrot harvest to evaluate the fertilization residual effect from fermented compost in carrot succession. The agronomic parameters assessed in the Indian spinach (*Basella alba*) crop were fresh biomass yield, dry biomass yield and leaf area (cm<sup>2</sup>). At the end of both productive cycles, the data from the treatments with the optimum dose of compound and the one without addition of compound were confronted with the data of gross income for the estimate of Renda Líquida, taking into account the prices practiced in the circuit of organic fairs and in the wholesale market. It was assessed, in both crop years, the evaluation of biological indicators of microbial biomass carbon (CBM), the basal soil respiration (RBS), the metabolic quotient (qCO<sub>2</sub>), the β-glucosidase enzyme activity and hydrolysis evaluation of fluorescein diacetate (FDA). The purpose was to understand the influence of fermented compound, together with the mulching plant, on soil microorganisms. A study was undertaken to correlate the potential of Pfeiffer Circular Chromatography technique (CCPP) and its patterns with organic matter attributes. Soil mulching made with Cameroon napiê grass did not directly influence carbon values, in the short term, of microbial biomass, soil basal respiration, metabolic quotient, β-glucosidase activity, and ADF. The values of CBM, RBS, qCO<sub>2</sub>, β-glucosidase and FDA activity were influenced by doses of fermented organic compound used. In the first year, the optimum dose observed for carrot (*Daucus carota*) cultivation was 237.5 kg of N ha<sup>-1</sup>, with mulching, it was the highest root yield - 78.8 Mg ha<sup>-1</sup>. In the second year of cultivation, the dose of 371.5 kg of total ha<sup>-1</sup> presented the highest yield of roots - 62.7 Mg ha<sup>-1</sup>. The net income of cultural succession carrot (*Daucus carota*) - Indian spinach (*Basella alba*) is positively influenced by application of mulch and fertilization with fermented compound, being the higher values obtained when trade takes place directly at organic fairs rather than at conventional wholesaler markets. CCPP was shown to be a sensitive technique for the prediction of concentration and proportion of fulvic acid fraction and humic acid fraction in soil sample.

**Keywords:** Agroecology, Organic Production; *Daucus carota*; *Basella Alba*; Circular Flat Chromatography

## LISTA DE FIGURA

<b>Figura 1:</b> Representação gráfica da concentração de solutos e do eluente em função da distância percorrida no cromatograma (PESSOA, 1993).....	17
<b>Figura 2:</b> Padrões de referência da zona central. A – Coloração escura, indicador de solos com pouca oxigenação e predominância de microrganismos anaeróbicos; B – Zona central muito branca e bem definida, indicador de solos com grande teor de compostos nitrogenados ou utilização de fertilizantes orgânicos ainda não compostados. C – Zona central com coloração creme, indicadora de solos com boa aeração e com equilíbrio de compostos nitrogenados (RIVERA & PINHEIRO, 2011).....	21
<b>Figura 3:</b> Padrões de referência da zona interna e zona intermediária. A – Padrão não desejável de zona interna e intermediária; Em (a') podemos identificar uma zona intermediária bem delimitada e enegrecida e em (a'') a expressão de uma zona interna de coloração lilás, indicador de alta taxa de mineralização em detrimento da humificação da matéria orgânica. B – Padrão desejável de zona interna e intermediária; Em (b') identificamos uma zona intermediária com coloração bege amarelada e que se integra harmoniosamente com a zona interna e em (b'') a zona interna se apresenta com a coloração laranja amarelada e integrada harmoniosamente com a zona intermediária (RIVERA & PINHEIRO, 2011). ....	22
<b>Figura 4:</b> Padrão desejável de zona externa, onde podemos identificar a formação das diversas membranas que ultrapassaram a zona intermediária e se expressaram zona externa (RIVERA & PINHEIRO, 2011).....	23
<b>Figura 1.</b> Tratamentos com doses diferentes de composto fermentado; 2 – aplicação de cobertura morta do solo com capim Cameroon.....	4
<b>Figura 2.</b> Carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo (RBS) e quociente metabólico ( $qCO_2$ ) de um Argissolo Vermelho-Amarelo em função de doses de composto orgânico fermentado antecedendo o cultivo orgânico de cenoura em dois anos consecutivos...	12
<b>Figura 3.</b> Atividade da enzima $\beta$ -glicosidase, nos anos de 2015 e 2016, em função de doses de composto orgânico fermentado aplicado em um Argissolo Vermelho-Amarelo antecedendo o cultivo orgânico de cenoura. ....	15
<b>Figura 4.</b> Relação entre a hidrólise do diacetato de fluoresceína e doses crescentes de composto fermentado em dois anos agrícolas. ....	16
<b>Figura 1.</b> A – Disco de papel filtro de 15 cm de diâmetro. B – Esquema do pavio feito com papel filtro. C – Esquema das marcas de lápis para orientar a corrida e a impregnação; $a_1$ distância da corrida de impregnação com nitrato de prata; $b_1$ a distância da corrida com a solução do solo. D – Disposição das placas de Petri, do pavio e do papel filtro durante a corrida da solução do solo e da impregnação do disco de papel filtro com nitrato de prata (PFEIFFER, 1984). ....	7
<b>Figura 2.</b> Etapas da eluição da solução do solo. A – Impregnação dos filtros com nitrato de prata ( $AgNO_3$ ); B – Corrida cromatográfica das diferentes soluções do solo; C – Revelação dos padrões cromatográficos. ....	9
<b>Figura 3.</b> Zonas dos cromatogramas passíveis de interpretação. A – Zona central; B – Zona intermediária; C – Zona externa.....	9
<b>Figura 4.</b> Janela do software ImageJ® durante a medição da zona interna de um cromatograma. No quadrado vermelho as informações do ângulo da medição e o comprimento da zona em centímetros. ....	10
<b>Figura 5.</b> Janela do software ImageJ® durante o cálculo do índice de textura da zona central de um cromatograma.....	11

<b>Figura 6.</b> Escala de notas atribuídas ao padrão de desenvolvimento do cromatograma. ....	12
<b>Figura 7.</b> Concentração das frações ácido fúlvico (A) e ácido húmico (B) nas amostras de solo em relação às doses de vermicomposto utilizadas aos 90 dias de incubação de incubação.....	16
<b>Figura 8.</b> Evolução dos padrões da CCPP de doses crescentes de vermicomposto em função do tempo de incubação em um Horizonte A de um Argissolo Vermelho. <b>A-</b> Dose 0 de vermicomposto aos 45 dias de incubação; <b>B-</b> Dose de 20 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; <b>C-</b> Dose de 40 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; <b>D-</b> Dose de 80 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; <b>E-</b> Dose de 160 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; <b>F-</b> Dose 0 de vermicomposto aos 90 dias de incubação; <b>G-</b> Dose de 20 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação; <b>H-</b> Dose de 40 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação; <b>I-</b> Dose de 80 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação e <b>J-</b> Dose de 160 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação. ....	19
<b>Figura 9.</b> Evolução dos padrões da CCPP de doses crescentes de composto fermentado ao longo do tempo em um Horizonte A de um Argissolo Vermelho. <b>A-</b> Dose 0 de composto fermentado aos 45 dias de incubação; <b>B-</b> Dose de 20 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; <b>C-</b> Dose de 40 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; <b>D-</b> Dose de 80 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; <b>E-</b> Dose de 160 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; <b>F-</b> Dose 0 de composto fermentado aos 90 dias de incubação; <b>G-</b> Dose de 20 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação; <b>H-</b> Dose de 40 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação; <b>I-</b> Dose de 80 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação e <b>J-</b> Dose de 160 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação. ....	20
<b>Figura 10.</b> Notas atribuídas ao padrão de desenvolvimento da CCPP em relação a doses crescentes de vermicomposto.....	23
<b>Figura 11.</b> <b>A-</b> Concentração da fração ácido fúlvico nas amostras de solo em relação à escala do padrão de desenvolvimento da CCPP; <b>B –</b> Concentração da fração ácido fúlvico nas amostras em relação às doses de vermicomposto utilizadas no ensaio de incubação. ....	23
<b>Figura 12.</b> <b>A-</b> Teores de matéria orgânica no Horizonte B de um Argissolo Vermelho incubado com doses crescentes de composto fermentado; <b>B-</b> Teores de nitrogênio no Horizonte B de um Argissolo Vermelho incubado com doses crescentes de composto fermentado; <b>C-</b> Teores de carbono no Horizonte B de um Argissolo Vermelho incubado com doses crescentes de composto fermentado.....	25
<b>Figura 13.</b> Evolução dos padrões da CCPP de doses crescentes de vermicomposto ao longo do tempo em um Horizonte B1 de um Argissolo Vermelho. <b>A-</b> Dose 0 de vermicomposto aos 45 dias de incubação; <b>B-</b> Dose de 20 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; <b>C-</b> Dose de 40 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; <b>D-</b> Dose de 80 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; <b>E-</b> Dose de 160 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; <b>F-</b> Dose 0 de vermicomposto aos 90 dias de incubação; <b>G-</b> Dose de 20 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação; <b>H-</b> Dose de 40 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação; <b>I-</b> Dose de 80 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação e <b>J-</b> Dose de 160 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação.....	28
<b>Figura 14.</b> Evolução dos padrões da CCPP de doses crescentes de composto fermentado ao longo do tempo em um Horizonte B1 de um Argissolo Vermelho. <b>A-</b> Dose 0 de composto fermentado aos 45 dias de incubação; <b>B-</b> Dose de 20 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; <b>C-</b> Dose de 40 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; <b>D-</b> Dose de 80 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; <b>E-</b> Dose de 160 ton ha <sup>-1</sup>	

<sup>1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; F- Dose 0 de composto fermentado aos 90 dias de incubação; G- Dose de 20 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação; H- Dose de 40 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação; I- Dose de 80 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação e J- Dose de 160 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação. ....	29
<b>Figura 15.</b> A- Índice de textura da CCPP do Horizonte E de um Planossolo Háplico em função de doses crescentes de composto fermentado; B- Escala do padrão de desenvolvimento da CCPP do Horizonte E de um Planossolo Háplico em função de doses crescentes de composto fermentado.....	35
<b>Figura 16.</b> A- Teores de matéria orgânica no Horizonte E de um Planossolo Háplico incubado com doses crescentes de composto fermentado; B- Teores de nitrogênio no Horizonte E de um Planossolo Háplico incubado com doses crescentes de composto fermentado; C- Teores de carbono no Horizonte E de um Planossolo Háplico incubado com doses crescentes de composto fermentado.....	36
<b>Figura 17.</b> Evolução dos padrões da CCPP de doses crescentes de vermicomposto ao longo do tempo no Horizonte E de um Planossolo Háplico. A- Dose 0 de vermicomposto aos 45 dias de incubação; B- Dose de 20 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; C- Dose de 40 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; D- Dose de 80 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; E- Dose de 160 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; F- Dose 0 de vermicomposto aos 90 dias de incubação; G- Dose de 20 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação; H- Dose de 40 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação; I- Dose de 80 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação e J- Dose de 160 ton ha <sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação.....	37
<b>Figura 18.</b> Evolução dos padrões da CCPP de doses crescentes de composto fermentado ao longo do tempo em um Horizonte E de um Planossolo Háplico. A- Dose 0 de composto fermentado aos 45 dias de incubação; B- Dose de 20 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; C- Dose de 40 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; D- Dose de 80 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; E- Dose de 160 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; F- Dose 0 de composto fermentado aos 90 dias de incubação; G- Dose de 20 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação; H- Dose de 40 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação; I- Dose de 80 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação e J- Dose de 160 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação.....	38
<b>Figura 19.</b> Balões volumétricos de 50 ml com as frações ácido fúlvico (FAF) e ácido húmico (FAH) (BENITES et al., 2003). ....	39
<b>Figura 20.</b> Cromatograma do Horizonte E de um Planossolo incubado por 90 dias submetido ao tratamento de 160 ton ha <sup>-1</sup> de composto fermentado. A – Fração ácido húmico cinzento; B – Fração ácido húmico pardo; e C- Fração ácido fúlvico.....	40

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Doses de composto orgânico fermentado equivalentes aos tratamentos utilizados nos dois anos experimentais. ....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 2.** Teores de C, N, relação C/N e teores de P, K, Ca e Mg dos compostos orgânicos fermentados utilizados nos dois anos experimentais.....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 3.** Valores médios para a Massa seca Total (W), Taxa de Crescimento da Cultura (TCC), Taxa de Crescimento Relativo (TCR), Taxa de Assimilação Líquida (TAL) e Índice de Área Foliar (IAF), na ausência e presença de cobertura vegetal morta, para cultura da cenoura no ano agrícola de 2015. ....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 4.** Diâmetro médio da raiz de cenoura em sistema de produção orgânica, a partir do emprego de cobertura vegetal morta em dois anos agrícolas nas condições da Baixada Fluminense. ....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 5.** Massa fresca e massa seca de beralha submetida à manejo orgânico em função da ausência ou presença de cobertura vegetal morta em dois anos de cultivo.**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 6:** Área foliar de beralha submetida à manejo orgânico em função da ausência ou presença de cobertura vegetal morta em dois anos de cultivo.....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 7.** Custo de produção da cultura da cenoura submetida ao manejo orgânico em função de doses de composto orgânico fermentado na ausência ou presença de cobertura vegetal morta no ano agrícola de 2015. ....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 8:** Custo de produção da cultura da beralha no ano agrícola de 2015 e 2016. ....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 9.**Custo de produção da cultura da cenoura submetida ao manejo orgânico em função de doses de composto orgânico fermentado na ausência ou presença de cobertura vegetal morta no ano agrícola de 2016. ....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 10.** Indicadores agroeconômicos do cultivo de cenoura no ano agrícola de 2015 submetida ao manejo orgânico, na presença ou ausência de cobertura morta, em dois cenários de comercialização no estado do Rio de Janeiro.....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 11.** Indicadores agroeconômicos do cultivo de cenoura no ano agrícola de 2016 submetida ao manejo orgânico, na presença ou ausência de cobertura morta, em dois cenários de comercialização no estado do Rio de Janeiro.....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 12.** Indicadores agroeconômicos do cultivo da beralha submetida à manejo orgânico em sucessão com a cultura da cenoura, em dois cenários de comercialização nos anos agrícola de 2015 e 2016. ....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 13.** Aferidores agroeconômicos da sucessão cenoura x beralha submetidas ao manejo orgânico em função da dose equivalente à dose ótima estimada para a cultura da cenoura no ano de 2015 e dose equivalente à 80% da dose ótima, em dois cenários de comercialização diferente. ....**Erro! Indicador não definido.**

### Capítulo II

**Tabela 14:** Teores de C, N, relação C/N e teores de P, K, Ca e Mg de composto orgânico fermentado utilizado nos tratamentos. ....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 15:** Valores de carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo e quociente metabólico mediante a aplicação de composto fermentado na presença ou ausência de cobertura morta do solo nos anos de 2015 e 2016. ....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 16:** Valores da atividade da  $\beta$ -glicosidase e da hidrólise do diacetato de fluoresceína em função da aplicação de composto fermentado na presença ou ausência de cobertura morta do solo. ....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 17:** Granulometria dos perfis de solo utilizados no experimento, Fazendinha Agroecológica Km 47. Seropédica-RJ, 2017. ....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 18:** Análise de fertilidade dos perfis de solo utilizados no experimento de incubação. ....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 19:** Análise química do vermicomposto e do composto fermentado utilizados no experimento de incubação do solo. ....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 20:** Umidade e doses utilizadas de cada fertilizante orgânico**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 21:** Valores dos parâmetros analisados da CCPP para os diferentes tratamentos e épocas de amostragem referentes ao Horizonte A de um Argissolo Vermelho.**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 22:** Matriz de correlação entre dose, época e atributos químicos da matéria orgânica de amostras de solo de um Horizonte A de um Argissolo Vermelho incubado vermicomposto em relação aos parâmetros analisados na CCPP, aos 90 dias. ....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 23:** Comparação entre as médias dos valores da textura das zonas central e intermediária da CCPP e da concentração das frações ácido fúlvico e ácido húmico nas amostras do Horizonte A de um Argissolo Vermelho submetido a doses crescentes de vermicomposto.**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 24:** Matriz de correlação entre dose, época e atributos químicos da fração orgânica do Horizonte A de um Argissolo Vermelho incubado com doses crescentes de composto fermentado em duas épocas de amostragem aos 90 dias de incubação.**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 25:** Comparação entre as médias dos valores da largura da zona externa e textura da zona central da CCPP do Horizonte A de um Argissolo Vermelho submetido a doses crescentes de composto fermentado. ....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 26:** Valores dos parâmetros analisados da CCPP para os diferentes tratamentos e épocas de amostragem referentes ao Horizonte A de um Argissolo Vermelho.**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 27:** Matriz de correlação entre dose, época e atributos químicos da fração orgânica do Horizonte B1 de um Argissolo Vermelho incubado com doses crescentes de vermicomposto em duas épocas de amostragem. ....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 28:** Matriz de correlação entre atributos químicos da fração orgânica e teores de matéria orgânica, nitrogênio e carbono do Horizonte B1 de um Argissolo Vermelho, incubado com doses crescentes de composto fermentado, analisado em duas épocas de amostragem. .... **Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 29:** Comparação entre as médias dos valores da largura da zona intermediária da CCPP do Horizonte B1 de um Argissolo Vermelho submetido a doses crescentes de composto fermentado.....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 30:** Comparação entre as médias dos valores da textura da zona intermediária, concentração da fração ácido húmico e do teor de matéria orgânica da CCPP do Horizonte B1

de um Argissolo Vermelho submetido a doses crescentes de composto fermentado. ....**Erro!**  
**Indicador não definido.**

**Tabela 31:** Valores dos parâmetros analisados da CCPP para os diferentes tratamentos e épocas de amostragem referentes ao Horizonte E de um Planossolo Háplico.**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 32:** Matriz de correlação entre atributos químicos da fração orgânica e teores de matéria orgânica, nitrogênio e carbono do Horizonte E de um Planossolo Háplico, incubado com doses crescentes de vermicomposto, analisado em duas épocas de amostragem.**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 33:** Comparação entre as médias dos valores da largura da zona externa, largura da zona intermediária e índices de textura das zonas central e intermediária da CCPP do Horizonte E de um Planossolo Háplico submetido a doses crescentes de vermicomposto.**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 34:** Comparação entre as médias dos valores da textura da largura da zona externa, textura da zona central e textura da zona externa da CCPP do Horizonte E de um Planossolo Háplico submetido a doses crescentes de vermicomposto. ....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 35:** Matriz de correlação entre atributos químicos da fração orgânica e teores de matéria orgânica, nitrogênio e carbono do Horizonte E de um Planossolo Háplico, incubado com doses crescentes de composto fermentado, analisado em duas épocas de amostragem.**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 36:** Comparação entre as médias dos valores do raio da zona central, concentração da fração ácido húmico e textura da zona intermediária da CCPP do Horizonte E de um Planossolo Háplico submetido a doses crescentes de composto fermentado. ....**Erro! Indicador não definido.**

**Tabela 37:** Classificação e propriedade das substâncias húmicas (OSAKI, 1991). ....**Erro!**  
**Indicador não definido.**

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2 REVISÃO DA LITERATURA .....	5
2.1 Produção de cenoura no estado do Rio de Janeiro.....	5
2.2 A cultura da bertalha.....	7
2.3 Composto fermentado.....	8
2.4 Microrganismos eficientes (EM) .....	10
2.5 Enzimas do solo .....	10
2.5.1 $\beta$ -Glicosidase.....	12
2.5.2 Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (FDA).....	13
2.6 Análise de crescimento .....	13
2.7 Cromatografia circular plana de Pfeiffer (CCPP).....	14
2.7.1 Cromatografia em papel.....	16
2.7.2 Cromatografia circular plana aplicada a testes de qualidade .....	17
2.7.3 Interpretação físico-química da cromatografia de Pfeiffer .....	19
CAPITULO I.....	1
1 INTRODUÇÃO.....	2
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	3
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	10

3.1	Análise de crescimento da cultura da cenoura sob diferentes doses de composto orgânico fermentado na ausência ou presença de cobertura vegetal morta no solo. . .	10
3.2	Análise agroeconômica da fertilização da sucessão cenoura x bertalha com composto fermentado em dois anos agrícolas consecutivos.....	23
4	CONCLUSÕES .....	44
CAPÍTULO II.....		
1	INTRODUÇÃO.....	2
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	3
2.1	Preparo do composto fermentado .....	4
2.2	Determinação de atributos biológicos e bioquímicos .....	5
2.2.1	Carbono da Biomassa Microbiana .....	5
2.2.2	Respiração basal do solo .....	6
2.2.3	Quociente Metabólico $qCO_2$ .....	6
2.2.4	Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (FDA).....	7
2.2.5	$\beta$ -glicosidase.....	7
2.3	Análises estatística .....	8
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	8
3.1	Carbono da Biomassa Microbiana (CBM), Respiração basal do Solo (RBS) e Quociente Metabólico ( $qCO_2$ ). .....	8
3.2	Atividade da $\beta$ -glicosidase e índice de atividade microbiana (FDA).....	13
4	CONCLUSÕES .....	17
3.	Os padrões de resposta das variáveis microbiológicas avaliadas indicam que a adição de composto orgânico fermentado ao solo, feito a partir do farelo de trigo e torta de mamona, pode apresentar algum grau de toxicidade para as comunidades microbianas do solo; .....	18
CAPITULO III .....		
1	INTRODUÇÃO.....	2
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	3
2.1	Extração e fracionamento das substâncias húmicas do solo:.....	6
2.2	Cromatografia circular plana de Pfeiffer .....	6
2.3	Análises estatísticas .....	12
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
3.1	Interpretação da CCPP de amostras de solo do Horizonte A de um Argissolo Vermelho submetido a diferentes doses de vermicomposto e composto fermentado. 12	

3.2 Interpretação da CCPP de amostras de solo do Horizonte B1 de um Argissolo Vermelho submetido a diferentes doses de vermicomposto e composto fermentado.	20
3.3 Interpretação dos padrões da CCPP de amostras de solo do Horizonte E de um Planossolo Háptico submetido a diferentes doses de vermicomposto e composto fermentado. ....	29
3.4 A CCPP e seus padrões de cores .....	38
4 CONCLUSÕES .....	41
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Apesar de o modelo agrícola convencional ou industrial ter proporcionado aumentos significativos de produtividade nos cultivos e formados sistemas aparentemente “rentáveis”, esse modelo vem sendo questionado por ser altamente dependente da utilização de agroquímicos e adubos sintéticos de alta solubilidade que traz riscos à saúde das populações e aos agroecossistemas (PRIMAVESI, 2002). À medida que esse padrão tecnológico se encontra amplamente difundido nota-se grandes problemas relacionados à degradação do solo, poluição de mananciais, erosão da biodiversidade e do conhecimento tradicional e altos custos da produção agrícola.

Este novo padrão tecnológico gerou a incorporação, acentuada em determinadas regiões do país, de práticas intensivas de moto-mecanização e o estímulo ao uso de produtos agroquímicos, a rigor seguidos de restrita orientação técnica, de forma que o setor agrícola fosse fortemente integrado ao setor industrial (GAVIOLA&COSTA, 2011). A partir do processo de modernização, um contingente expressivo de famílias agricultoras foi excluído, o que ampliou as migrações internas, agravando os problemas sociais no ambiente urbano e periurbano.

Concomitantemente com tais questionamentos tem aumentado significativamente a procura por alimentos orgânicos, que são produzidos sem a utilização de agroquímicos ou fertilizantes sintéticos e necessariamente sob princípios de equidade, saúde e justiça (IFOAM, 2005).

Em termos globais, a agricultura orgânica é praticada em pelo menos 179 países e representa cerca de 60 milhões de hectares de terra cultivada por 2,4 milhões de agricultores (IFOAM, 2017), movimentando em 2015 mais de 80 bilhões de dólares. No Brasil, de acordo com um levantamento realizado pelo Instituto de Pesquisas Econômicas (IPEA, 2016), a demanda por produtos orgânicos tem crescido ao ritmo de 30% ao ano e estima-se que 90% da produção tenha origem em estabelecimentos familiares.

Segundo levantamento feito pela Coordenação de Agroecologia (COAGRE), da Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo (SDC), vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em 2017 a área de produção orgânica no país pode ultrapassar os 750 mil hectares registrados em 2016, impulsionados, principalmente, pela agricultura familiar (MDA, 2017).

A agricultura orgânica no Brasil, no ano de 2014, movimentou cerca de R\$ 2,0 bilhões (MAPA, 2016). Entre os anos de 2014 e 2016 o contingente de agricultores que optaram pela produção orgânica saltou de 6.719 para 13.095, representando um aumento de 95%. Cumpre salientar que os sistemas orgânicos de produção têm sido adotados de forma crescente pelos agricultores familiares em virtude da adequação às características das pequenas unidades agrícolas (SEDIYAMA et al., 2014).

O sistema de produção orgânico é baseado em processos naturais que privilegia as interações biológicas e a diversificação da atividade agrícola. A agricultura orgânica, busca o equilíbrio entre os diversos constituintes do solo e valoriza a utilização de fertilizantes orgânicos pela sua capacidade de fornecer nutrientes para as plantas ao longo do tempo, reduzir as perdas de nutrientes por lixiviação e incremento da mesofauna edáfica e da população de microrganismos benéficos no solo, responsáveis dentre outras funções a de mineralização da matéria orgânica (SOUZA & REZENDE, 2003).

A utilização de fertilizantes orgânicos também apresenta efeitos positivos sobre as propriedades físicas do solo, efeito ocasionado principalmente pelo aporte contínuo de matéria orgânica (PRIMAVESI, 2002). Na agricultura orgânica também se enfatiza a utilização das chamadas plantas de cobertura do solo, adubos verdes, e a utilização de fertilizantes feitos a partir do processo de compostagem de resíduos de origem vegetal e animal (ESPÍNDOLA et al., 2005).

Dentre os diversos tipos de compostos orgânicos, aqueles que utilizam um pool de microrganismos como inoculante de diversos substratos orgânicos farelados, feitos a partir do processo de fermentação, vem tomando um papel de destaque entre os produtores orgânicos. Entre técnicos e produtores ele é conhecido como Bokashi, e no Brasil é comercializado com esse mesmo nome pela empresa Korin®. Esse tipo de fertilizante não só fornece nutrientes para as culturas como também inocula no solo uma gama de microrganismos tidos como benéficos para os processos do solo: fungos, actinomicetos, bactérias, micorrizas, fixadores de N<sub>2</sub>, dentre outros (HOMMA, 2003).

O composto fermentado pode ser definido como uma mistura de diferentes tipos de materiais farelados submetidos a processos fermentativos controlados. Geralmente os microrganismos utilizados para o processo de fermentação são os chamados microrganismos eficazes ou E.M (effective microorganism), comercializado no Brasil como algumas formulações comerciais, como, por exemplo, o produto Embiotic® (SOUZA & ALCÂNTARA, 2008). A composição do composto fermentado pode ser

ajustada de acordo com os insumos disponíveis no local, com a acessibilidade financeira e os requisitos nutricionais das culturas.

Dessa maneira, além do fornecimento de nutrientes, o composto fermentado que foi inoculado com microrganismos eficientes carrega para o solo esses microrganismos que são tidos como regeneradores, proporcionando em curto espaço de tempo condições favoráveis para proliferação de microrganismos da microbiota do solo, disponibilizando nutrientes para as plantas e atuando na estabilização dos agregados do solo (HOMMA, 2003).

Alguns estudos indicam que doses crescentes de compostos fermentados podem afetar diretamente o acúmulo de massa seca nas culturas agrícolas devido a maior disponibilidade de nutrientes no solo (SOUZA & RESENDE, 2003). Outros autores também relatam o efeito de fertilizante dos compostos fermentados nas culturas do brócolo, couve, alho, alface, couve-flor e cebola (MAGRINI et al. 2009; HAFLE et al. 2009; GUIMARÃES et al. 2008; OLIVEIRA et al. 2008; FERREIRA et al. 2013; SHINGO & VENTURA, 2009). No entanto, estudos com compostos fermentados como fornecedor de nutrientes são necessários no intuito de se identificar doses, efeitos e o potencial de fornecimento de nutrientes para demais culturas.

A utilização da cobertura morta do solo no cultivo de hortaliças é uma técnica amplamente difundida, principalmente entre os produtores com certificação orgânica, e tem como intuito diminuir a incidência de plantas invasoras, contribuir para a manutenção da temperatura e umidade do solo e reduzir danos causados pela desagregação das partículas do solo (RESENDE et al., 2005). Os efeitos físicos proporcionados pela utilização da cobertura morta estão principalmente relacionados à proteção do solo contra a incidência da radiação solar e redução da amplitude térmica (FACELLI & PICKETT, 1991). Além dos benefícios físicos, pela utilização da cobertura morta do solo nos agroecossistemas produtivos, há também influência em relação à atividade microbiana. Efeitos na atividade microbiana também são relatados em função da utilização da cobertura do solo, indicadores de atividade microbiana como Carbono da Biomassa Microbiana tendem a ser mais responsivos quando lançado mão da utilização da cobertura do solo (MATSUOKA et al., 2002).

A agroecologia é o enfoque científico destinado a apoiar a transição dos atuais modelos de desenvolvimento rural e de agricultura convencionais para o modelo de desenvolvimento rural e agriculturas sustentáveis (CAPORAL & COSTABEBER, 2000). Essa transição está intimamente relacionada com a passagem de modos de

produção agrícolas convencionais, com uso intensivo de agroquímicos e adubos sintéticos, para modos de produção com bases ecológicas que conseqüentemente não utilizam ou utilizam o mínimo desses insumos que tanto oneram o custo de produção, principalmente do pequeno produtor familiar.

Nesse contexto, o estudo da utilização dos compostos fermentados como fornecedor de nutrientes para as culturas, sua influência nos quesitos químicos, físicos e biológicos do solo e sua interação com a utilização de cobertura morta do solo, nos sistemas orgânicos de produção, demonstram ser de grande importância para o desenvolvimento da agricultura orgânica e da agroecologia, com o intuito de garantir para o produtor técnicas acessíveis e viáveis financeiramente.

Esse estudo tem como objetivo a abordagem das seguintes hipóteses:

- 1) Compostos orgânicos fermentados atuam concomitantemente na atividade biológica do solo e como fontes de nutrientes em sistemas orgânicos de produção;
- 2) A utilização de cobertura morta associada à fertilização com composto orgânico fermentado tem efeito sinérgico nas características do solo e no desempenho produtivo da sucessão de cenoura (*Daucus carota*) e bertalha (*Basella alba*) em sistema orgânico de produção;
- 3) A eficiência agroeconômica da fertilização com compostos fermentados no cultivo orgânico de hortaliças é dependente da dose utilizada;
- 4) A cromatografia circular plana de Pfeifferé uma técnica que permite correlacionar os seus padrões cromatográficos à atributos da matéria orgânica desolos submetidos à fertilização com compostos orgânicos.

O presente trabalho está organizado em três capítulos. No primeiro capítulo, intitulado: “**Mensuração de indicadores biológicos a partir da utilização de cobertura morta vegetal e a fertilização com composto fermentado**”, pretende-se avaliar a atividade microbiana mediante a comparação dos valores do Carbono da Biomassa Microbiana (CBM), Respiração Basal do Solo (RBS), atividades da enzima  $\beta$ -glicosidase e da Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (FDA) entre os tratamentos empregados.

No segundo capítulo, intitulado: “**Eficiência agroeconômica da fertilização com composto fermentado no cultivo orgânico de hortaliças**”, tem como objetivo a avaliação da eficiência agroeconômica da fertilização com composto fermentado no

cultivo de hortaliças orgânicas em sucessão. Para isso, os efeitos foram avaliados em uma sucessão entre cenoura e betalha.

O terceiro capítulo, intitulado: “**Estudo dos padrões dos cromatogramas e uso da técnica da Cromatografia Circular Plana de Pfeiffer (CCPP) e sua correlação com os atributos da matéria orgânica do solo**”, tem como intuito o estudo dos padrões dos cromatogramas e uso da técnica da CCPP e sua correlação com os atributos da matéria orgânica do horizonte A e horizonte B1 de um Argissolo vermelho e do horizonte E de um planossolo submetidos à fertilização com adubos orgânicos.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Produção de cenoura no estado do Rio de Janeiro**

Até a década de 1980, as cenouras cultivadas no Brasil eram importadas e melhor adaptadas para climas amenos, mais comuns no período de inverno das regiões centro-sul (SOUZA et al., 1997). No período de verão, os preços da cenoura subiam significativamente, inviabilizando seu consumo por parte significativa da população brasileira.

A cenoura é uma hortaliça da família Apiaceae, do grupo das raízes tuberosas, cultivada em larga escala nas regiões Sudeste, Nordeste e Sul do Brasil. A estimativa de área plantada no Brasil em 2015 foi de 28 mil hectares, entre safra de verão e inverno, com produtividade média de 40 ton/ha (CEPEA, 2015). Os principais municípios produtores são: Carandaí, Santa Juliana e São Gotardo (Minas Gerais); Piedade, Ibiúna e Mogi das Cruzes (São Paulo); Marilândia (Paraná); Lapão e Irecê (Bahia) (REIS, 2010).

Embora a planta produza melhor em climas mais amenos, graças ao desenvolvimento de cultivares tolerantes ao calor, seu plantio está se expandindo nos estados que apresentam temperatura mais quente. A cenoura é uma raiz de textura macia e paladar agradável, embora seu maior consumo seja *in natura*, ela também é muito utilizada como matéria prima por indústrias processadoras de alimentos que a comercializam de maneira minimamente processada (mini cenouras, cubos ou raladas) ou processadas na forma de seleta de legumes, sopas instantâneas e diversos alimentos infantis.

A temperatura é o fator climático mais importante para a produção das raízes. Temperaturas de 10 a 15 °C favorecem o alongamento e o desenvolvimento de

coloração característica, enquanto temperaturas superiores a 21°C podem estimular a formação de raízes curtas e de coloração deficiente, naquelas cultivares que não são resistentes ao calor. Existem cultivares que formam boas raízes sob temperaturas de 18 a 25°C. Em temperaturas acima de 30°C, a planta tem o ciclo vegetativo reduzido, o que afeta o desenvolvimento das raízes e a produtividade (SOUZA et al., 1997). Temperaturas baixas associadas a dias longos induzem o florescimento precoce, principalmente daquelas cultivares que foram desenvolvidas para plantio em épocas quentes do ano. A cenoura é muito sensível às condições ambientais, o que determina a recomendação do genótipo de acordo com o local e época de cultivo.

A germinação das sementes ocorre sob temperaturas de 8 a 35 °C, sendo que a velocidade e a uniformidade de germinação variam com a temperatura dentro destes limites. A faixa ideal para uma germinação rápida e uniforme é de 20 a 30°C, dando-se a emergência de 7 a 10 dias após a sementeira. Textura, estrutura e permeabilidade do solo são propriedades físicas que influenciam diretamente a produtividade e a qualidade das raízes de cenoura, assim como, as propriedades químicas e biológicas. Solos com textura média e pH do solo entre 6 e 6,5 tendem a ser melhores para o cultivo (SOUZA et al., 1997).

Para o sucesso no cultivo da cenoura é essencial a escolha de cultivares que atendam a exigência do mercado quanto à qualidade das raízes, tolerância a temperatura e resistência às principais doenças. O consumidor brasileiro, principalmente dos grandes centros, prefere cenouras que apresentam formato cilíndrico, lisas, bem desenvolvidas, ausência de raízes laterais, com diâmetro de 3,5 cm, comprimento de 15-20 cm, coloração alaranjada intensa, sem ombro e pigmentação verde ou roxa na parte superior (VIEIRA & PESSOA, 1997).

A cultivar Brasília, utilizada no presente trabalho, é resultado de um programa de melhoramento de cultivares de cenoura de verão realizado pela EMBRAPA hortaliças e ESALQ. As raízes são cilíndricas com coloração alaranjada clara e tem baixa incidência de ombro roxo ou verde e seu comprimento varia de 15 a 22 cm. Essa cultivar apresenta alta resistência à queima das folhas e tolerância à nematoides e vem sendo cultivada com sucesso em todas as regiões do Brasil. Sua produtividade média no Brasil geralmente varia de 30 a 35 ton ha<sup>-1</sup>.

Souza (1996) observou produtividade de cenoura 7% superior no sistema de cultivo orgânico em relação ao convencional, em estudos realizados durante dez anos.

Foram comparadas as produtividades observadas em uma estação de pesquisa com a produtividade em uma área particular, de cultivo comercial, no Espírito Santo.

A cenoura é uma cultura que responde muito bem à adubação orgânica, segundo o Manual de Adubação e Calagem do Estado do Rio de Janeiro (2013), a adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral e a quantidade empregada depende de fatores como a qualidade do fertilizante local e condições químicas do solo. Entretanto, na região serrana do estado do Rio de Janeiro, a adubação química é a estratégia mais utilizada entre os produtores convencionais de cenoura e a adubação orgânica é utilizada de maneira complementar a adubação química na adubação de base.

Dependendo da cultivar, das condições de clima e dos tratos culturais, a colheita da cenoura pode ser feita de 80 a 120 dias decorridos da sementeira. O ponto de colheita e a maneira de colher e de manusear as raízes influem na aparência final e na capacidade de conservação do produto (SOUZA et al., 1997). O amarelecimento e secamento das folhas mais velhas e o arqueamento para baixo das folhas mais novas são indicativos do ponto de colheita. O arranquio das raízes pode ser feito manualmente ou semi-mecanizado, acoplado-se uma lâmina cortante no sistema hidráulico do trator.

Após a colheita as cenouras são levadas para a lavagem e classificação para posteriormente serem acondicionadas em caixas plásticas ou de papelão. De acordo com o Programa Brasileiro Para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens implantado pela Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo – CEAGESP, a cenoura deve ser classificada em classes e categorias.

## **2.2 A cultura da bertalha**

A cultura da bertalha (*Basella sp*) é uma hortaliça ainda pouco conhecida na maioria das regiões brasileiras, na baixada fluminense e a região Amazônica (Pará e Amazonas), são os locais no Brasil que existem o maior número de cultivos, apesar de ser em pequena escala (PAIVA & MENEZES, 1989).

A bertalha é uma hortaliça não convencional originária da Índia e introduzida no Brasil, pertencente à família Basellaceae. Suas folhas são destinadas à alimentação humana e suas raízes, embora não seja comum seu uso, podem ser utilizadas como estimulante (CORRÊA, 1984).

A bertalha é uma erva perene, trepadeira, de folhas e caules suculentos e muito ramificados, pode atingir até 10 m de comprimento (CORRÊA, 1984). Possui folhas alternas pecioladas, carnosas e de coloração verde. As flores são brancas e dispostas em

espigas, os frutos são roxos (*Basella rubra*) ou brancos (*Basella alba*). É uma hortaliça folhosa de fácil cultivo e de ciclo vegetativo curto, sua produção é contínua durante o ano todo. Tem alto poder de regeneração após o corte, de grande valor nutritivo e resistente à uma gama de doenças foliares (OZELA, 2004).

Para ser cultivada, requer um solo fértil ou adubado, sendo resistente à seca e a geadas e pouco afetada por doenças e pragas. Pode ser conduzida em sistema de espaldeira ou não e é propagada facilmente por estacas ou rizomas (KINUPP, 2007). Aquelas variedades que possuem crescimento indeterminado, recomenda-se a utilização de tutores individuais ou de espaldeira semelhante à usada para tomate vertical ou feijão-vagem (MADEIRA et al., 2013).

A semeadura pode ser feita diretamente no local definitivo para plantas de crescimento indeterminado. Também pode-se produzir mudas em bandejas ou em recipientes individuais (copinhos de jornal ou plástico). As mudas são transplantadas com 10cm de altura, cerca de 20 dias após a germinação, quando apresentarem quatro a seis folhas definitivas (MADEIRA et al., 2013).

A colheita tem início 60 a 110 dias após o plantio das mudas. Após o corte dos ramos, faz-se uma seleção e elimina-se as que tenham defeitos. As folhas devem apresentar cor verde escuro, aspecto tenro e sem manchas, o usual é que os ramos sejam cortados com 30 a 40cm de comprimento e posteriormente amarrados em maços, com peso médio de 300 gramas. Todo manuseio deve ser realizado à sombra. A produtividade oscila entre 15.000 a 37.000 kg/ha (MADEIRA et al., 2013; MAPA, 2016).

O Guia Alimentar para a população Brasileira (BRASIL, 2006) traz a bertalha como uma opção para alimentação, enquadrando-se no grupo de hortaliças. É pela sua possível utilização culinária, fácil manejo e aquisição e potencial nutricional, que se deve propagar o seu consumo.

### **2.3 Compostofermentado**

Compostos fermentados podem ser definidos como uma mistura de diferentes materiais orgânicos farelados que são submetidos a processos fermentativos controlados (HOMMA, 2003). O uso desse tipo de adubo é uma técnica amplamente difundida há muitos anos no Japão, denominada Bokashi, e foi trazida e adaptada no Brasil por imigrantes japonês no início da década de 1980 (SIQUEIRA & SIQUEIRA, 2013). A fermentação que ocorre na elaboração do composto fermentado é predominantemente

láctica, porém ocorrem, simultaneamente, em pequenas proporções, as fermentações acética, alcoólica, propiônica e butírica (FONSECA, 2005), porém a proporção desses tipos de fermentação deve variar de acordo com os materiais utilizados, microrganismos inoculados e condições de temperatura e umidade durante o feitiço.

Não existe uma formulação padronizada para a fabricação dos compostos fermentados, pois são utilizadas receitas empíricas e muito variadas, mais ou menos complexas e adaptadas a diferentes finalidades. Sua composição deve ser ajustada com base nos insumos localmente disponíveis ou de fácil aquisição a preços compatíveis no comércio(SOUZA & ALCÂNTARA, 2008).

Na seleção dos materiais para a fabricação do composto fermentado, é importante que os resíduos vegetais escolhidos sejam ricos em carbono e nitrogênio. O carbono por ser fundamental para o desenvolvimento microbiano, é fornecido principalmente na forma de açúcares, e o nitrogênio se torna essencial pois além de ser fundamental para biossíntese de proteínas e conversão metabólica, também ativa e acelera a compostagem e promove um produto rico desse macronutriente (FONSECA, 2005).

O farelo de trigo, um subproduto de fabricação da farinha branca ou da integral, vem sendo frequentemente utilizado como substrato na preparação de composto fermentado. Os principais componentes: celulose, hemicelulose, lignina, amido, pectina e proteínas, o que caracteriza o farelo de trigo como um material altamente heterogêneo, funcionando tanto como fonte de carbono quanto de energia no suporte ao crescimento microbiano (PANDEY, 2003).

No processo industrial de obtenção do óleo de mamona, tem-se como subproduto o bagaço dos grãos, denominado de “torta”. Com frequência, a torta de mamona vem sendo utilizada como adubo orgânico, por conta do alto teor em nitrogênio e outros macroelementos, cuja liberação não é tão rápida quanto a de fertilizantes sintéticos, nem tão lenta quanto a do esterco bovino, por essas características a torta de mamona vem sendo utilizada como fonte de nitrogênio para a fabricação de compostos fermentados (SEVERINO et al., 2005).

Formulações de compostos fermentados tipo “bokashi”, obtidas por meio de processos fermentativos, condicionam um maior conteúdo energético da matéria orgânica por não alcançarem temperaturas demasiadamente elevadas, o que reduz as perdas pela volatilização do nitrogênio na forma de amônia (NH<sub>4</sub>). Além disso, proporcionam a veiculação de compostos (vitaminas, enzimas, aminoácidos, ácidos

orgânicos, antibióticos e antioxidantes) úteis para as plantas cultivadas, ao mesmo tempo, multiplicando microrganismos benéficos durante o processo de fermentação (OKUMOTO et al., 2002).

#### **2.4 Microrganismos eficientes (EM)**

Geralmente os microrganismos utilizados para o processo de fermentação são os chamados microrganismos eficazes ou E.M (effective microorganism). A utilização desses microrganismos se iniciou com os estudos do Dr. Teruo Higa, no Japão (HIGA, 1994). Higa (1994) registrou mais de 10 gêneros e 80 espécies de microrganismos no E.M, obtidos sem qualquer intervenção química ou manipulação genética. Atualmente, esses microrganismos são comercializados em lojas agropecuárias com diversos nomes comerciais, como EM-4® e Embiotic® dentre outros.

O grupo identificado de microrganismos eficazes inclui bactérias produtoras de ácido lático, bactérias fotossintetizantes, leveduras, actinomicetos e fungos filamentosos, os quais ocorrem naturalmente no ambiente. Todos compostos envolvidos no estímulo ao desenvolvimento vegetal (SOTO, 2003) através da promoção do equilíbrio microbiológico do sistema solo: planta, influenciando positivamente no desempenho agrônomo das culturas e na qualidade das colheitas (HOMMA, 2003).

Há evidências de que os E.M ajudam a produzir substâncias atuando como antioxidantes, como inositol, ubiquinona, saponina, polissacarídeos de baixo peso molecular, polifenóis e agentes quelantes. Essas substâncias podem inibir espécies microbianas nocivas, melhorar a proliferação de microrganismos benéficos e desintoxicar substâncias prejudiciais simultaneamente (HIGA, 1991).

O desenvolvimento de plantas relacionado à aplicação de EM nos solos é relatado na literatura acadêmica (KHALIQ et al., 2006; OKORSKI et al., 2008; VAN VLIET et al., 2006). Okorski e Majchrzak (2007) observaram uma maior diversidade de fungos em solos inoculados com E.M após a aplicação de herbicidas no cultivo de ervilhas.

#### **2.5 Enzimas do solo**

Os estudos sobre as enzimas do solo tiveram início no final do século passado e se desenvolveram primeiramente em países da Europa como Bélgica, Alemanha, França, União Soviética. A primeira citação sobre enzimas do solo no Estados Unidos foi em 1965.

As enzimas do solo são produzidas pelos seres vivos que o habitam, os quais as excretam para o meio ambiente com finalidades metabólicas, tais como a degradação de moléculas de elevado peso molecular (LEHNINGER, 2002). Por outro lado, a lise de células mortas também libera enzimas para o ambiente do solo, as quais permanecem ativas, por um período variável de tempo, dependendo das condições reinantes, e, de um modo geral, complexadas aos seus colóides orgânicos ou inorgânicos. Quando uma proteína enzimática é liberada para o solo, ela pode ser imediatamente metabolizada pelos microrganismos ou se associar física ou quimicamente aos colóides presentes, o que a torna mais estável e inacessível a inibidores e extratores (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

As enzimas excretadas para fins metabólicos durante os processos vitais, ou mesmo após a morte celular, podem permanecer ativas no solo por certo período. Neste grupo de enzimas, chamadas extracelulares, exoenzimas ou abiônticas, não estão apenas aquelas em estado livre ou ligadas a componentes inertes do solo, mas também as que se mantêm ativas dentro de células já mortas ou ligadas a fragmentos celulares. Por atuarem sobre diferentes substratos, as enzimas são classificadas em quatro grupos distintos: oxirredutases, transferases, hidrolases e liases (MELO et al., 2010)

Outro aspecto a se considerar com relação às enzimas do solo é sua atuação em relação ao uso de insumos agrícolas, ou seja, seus efeitos diretos e indiretos na cinética enzimática dos solos. Yaroshevich (1966) examinou solos adubados durante 50 anos, verificando que o uso contínuo de adubo orgânico determinava aumento na atividade respiratória e enzimática do solo, enquanto que a adubação mineral equivalente levava a um efeito oposto. Outros trabalhos evidenciam que as atividades das enzimas urease e  $\beta$ -glicosidase e da hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) aumentaram com a elevação das doses de bio-sólidos, porém estas não tiveram efeito sobre o quociente metabólico ( $qCO_2$ ) (TRANNIN et al., 2007; SILVA et al., 2007).

As enzimas têm participação essencial nos processos relacionados à qualidade do solo e como são sintetizadas, principalmente, pelos organismos que nele crescem, as condições que favorecem a atividade da biota como a adubação orgânica também favorecem a atividade enzimática, que muitas vezes se relaciona positivamente com a produtividade ou com a qualidade do solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Por essa razão e por serem muito sensíveis a mudanças no manejo do solo, as enzimas são consideradas boas indicadoras de qualidade (CHAER, 2001).

Assim, medidas de avaliação da atividade de uma determinada enzima ou de suas características cinéticas podem se constituir em um mecanismo para avaliar a qualidade de um solo ou seu estado de atividade biológica. Com esta finalidade, várias enzimas têm sido estudadas, como as  $\beta$ -glicosidases, esterases, lipases, desidrogenases e proteases, por exemplo.

Devem ser adotados critérios para a escolha das enzimas à serem analisadas quanto à sua atividade. A escolha deve ser pautada pela sua sensibilidade ao manejo do solo e em sua importância na ciclagem de nutrientes e na decomposição da matéria orgânica, assim como a simplicidade da realização de sua análise (CHAER et al., 2014).

### **2.5.1 $\beta$ -Glicosidase**

As enzimas denominadas glicosidases possuem a função natural de clivagem dos diversos tipos de ligações glicosídicas, formando especificamente um grupo heterogêneo de enzimas hidrolíticas (BAHTIA et al., 2002). Essas enzimas podem ser encontradas em diversos organismos como bactérias, fungos, plantas e animais (SESTELO et al., 2004; BELANCIC et al., 2003; GERARDI et al., 2001; PONTOH & LOW, 2002).

A principal reação catalisada por essas enzimas é a hidrólise das ligações B-glicosídicas em glicoses de baixo peso molecular. Portanto,  $\beta$ -glicosidase é o nome de diferentes enzimas capazes de hidrolisar ligações  $\beta$ -glicosídicas em dissacarídeos, oligossacarídeos e glicosídeos conjugados (BATHIA et al., 2002).

Em fungos e bactérias a celobiose e a hidrólise de oligossacarídeos são as principais funções dessa enzima, enquanto que nas plantas a  $\beta$ -glicosidase pode atuar na hidrólise de precursores hormonais, na degradação da parede celular durante o processo de amadurecimento de frutos e na germinação de sementes (BATHIA et al., 2002; SARRY & GUNATA, 2004; FAURE, 2002).

A atividade da B-glicosidase vem sendo amplamente utilizada, juntamente com a observação da atividade de outras enzimas do solo, como indicador de alterações no solo (MATSUOKA, 2006; SILVEIRA, 2007). Chaer & Tótola (2007) ao estudarem indicadores de qualidade do solo constataram que a  $\beta$ -glicosidase se mostrou um dos mais sensíveis indicadores ao manejo do solo em áreas com cultivo de eucalipto. No entanto, a atividade da  $\beta$ -glicosidase após à adição de adubos orgânicos como lodo de esgoto e resíduos agroindustriais ou após a prática da adubação verde não foi responsiva aos tratamentos (SOUZA et al., 2009; FALCÃO et al., 2013; OKUR et al., 2008).

### **2.5.2 Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (FDA)**

A Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (FDA) é um método de avaliação da atividade hidrolíticas indiscriminada de microrganismos do solo sobre a molécula de FDA e pode ser mensurado pela técnica da espectrofotometria (SCHNURER & ROSSWALL, 1982). A hidrólise do FDA é realizada por várias lipases, proteases e esterases liberadas pelas bactérias e fungos ativos considerados decompositores primários (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Essa técnica pode ser utilizada para a determinação do desenvolvimento da biomassa e atividade microbiana (SWISHER & CARROLL, 1980).

O estudo da atividade enzimática pelo método FDA vem sendo amplamente utilizado na academia para avaliar a atividade microbiana em amostras de solo. Resultados satisfatórios para a avaliação da atividade microbiana do solo pelo método foram empregados para mensurar a atividade microbiana no solo após a aplicação de composto de lixo (SCHNURER & ROSSWAL, 1982), como bioindicador de solos submetidos ao reflorestamento e de supressividade a fitopatógenos do solo (GHINI et al., 1998; SILVA et al., 2004), como ferramenta para a caracterização microbiológica de solos (CHAER et al., 2014), como bioindicador para a comparação entre sistemas de produção de soja (CORREA et al., 2009).

### **2.6 Análise de crescimento**

A análise quantitativa do crescimento vegetal consiste em avaliar os dados obtidos de coletas sequenciais, para descrever mudanças na produção de matéria seca em razão do tempo, por meio do cálculo das taxas de crescimento. Essa técnica de análise foi proposta por botânicos ingleses no início do século XX (EVANS, 1972) e desde então seus conceitos foram largamente aplicados para investigar a adaptação ecológica de culturas a novos ambientes, a competição entre espécies e variedades, a identificação da capacidade produtiva de diferentes genótipos e o efeito de manejo e tratos culturais em cultivos.

Uma das principais vantagens da análise de crescimento vegetal é a fácil obtenção dos valores primários exigidos, sem grandes demandas de laboratório e equipamentos (ARAÚJO, 2003). Além disso, as técnicas empregadas nessa análise fornecem medidas acuradas da performance geral de uma planta (HUNT, 1982). A análise de crescimento envolve principalmente estudos em níveis de organização de uma planta individual ou de uma comunidade vegetal como em cultivos comerciais, por exemplo

(HUNT, 1982). Dessa forma, um dado problema de redução de produtividade vegetal pode ser respondido satisfatoriamente pelas técnicas de análise de crescimento, sem recorrer às complexas medidas bioquímicas ou fisiológicas, que por vezes não têm relação direta com o assunto estudado (HALL & LONG, 1993).

Duas grandezas básicas são necessárias para a execução da análise de crescimento: a quantidade de material vegetal presente, em geral a matéria seca, e a quantidade do sistema assimilatório vegetal, usualmente a área foliar. Essas grandezas são mensuradas em coletas efetuadas em diferentes estádios de desenvolvimento vegetal, geralmente por meio de técnicas destrutivas.

Há dois métodos principais empregados no cálculo das taxas de crescimento, o clássico e o funcional (HUNT, 1982). No primeiro, as taxas são calculadas entre duas coletas sucessivas, utilizando-se fórmulas previamente deduzidas, e os valores obtidos são médias para o intervalo de tempo entre as coletas. No segundo, os dados originais são ajustados a funções por meio de regressão, cujas derivadas fornecem as taxas de crescimento, obtendo-se estimativas de valores instantâneos das taxas.

O método funcional, utilizado no presente trabalho, demanda a escolha adequada da função ajustada aos dados primários, além de apresentar grande complexidade na comparação estatística entre curvas ajustadas a diferentes tratamentos, em particular das taxas derivadas (ARAÚJO, 2003).

### **2.7 Cromatografia circular plana de Pfeiffer (CCPP)**

A técnica da cromatografia existe a mais de 80 anos e tem se destacado como uma das principais técnicas analíticas de identificação e separação laboratorial. Consiste em um método físico de separação de diferentes componentes para caracterização de substâncias complexas, um conjunto de técnicas baseadas no princípio da retenção seletiva (PINHEIRO, 2011). Segundo Rivera & Pinheiro (2011), Ehrenfried Pfeiffer, orientado de Rudolf Steiner, se dedicou durante a década de 1920 ao estudo da qualidade do solo e dos alimentos provenientes da agricultura industrial. Em seguida o casal Kolisko aplicou a técnica da cromatografia para determinar a qualidade dos alimentos. Nicolai Izmailov e MaríaSchraiber substituíram a coluna de vidro, de difícil padronização, por folhas de papel filtro especiais, que além de fácil uso e padronização, poderiam ser armazenadas como registro da análise. A cromatografia de Pfeiffer consiste na impregnação do papel filtro com solução reveladora (nitrito de prata) e depois de uma solução extratora (hidróxido de sódio) dinamizadas com solo.

Os métodos de separação são parte importante das análises química e, entre as técnicas separativas, a cromatografia é sem dúvida a mais importante dentro do arcabouço da Química analítica e os cromatógrafos são instrumentos indispensáveis nos laboratórios modernos (PESSOA, 1993). Os métodos de separação remontam da antiguidade e seu registro mais antigo foi feito por Plínio, o Velho, em aproximadamente 50 D.C (COLLINS et al., 2006). A cromatografia em papel circular e sua aplicação em identificação de compostos inorgânicos foi assunto da pesquisa de Runge, iniciada em 1834 e publicada como livro, em 1850. Também no meio do século XIX, Schönbein e Goppelschröder introduziram a cromatografia com tiras de papel, com desenvolvimento ascendente. A cromatografia em camada delgada foi descrita, em 1889, por Beyerlink e um tipo de troca iônica foi descrito, independentemente, por Thompson e por Way em trabalhos publicados em 1850 (COLLINS et al., 2006).

Entretanto, quem primeiro utilizou a designação cromatografia foi o botânico russo M. Tswett, em 1906, que a utilizou para a separação de pigmentos de plantas em uma coluna de vidro contendo  $\text{CaCO}_3$ . Outros pesquisadores à época também desenvolveram alguns ensaios com a técnica, mas foi somente a partir de 1940 que a cromatografia teve realmente um desenvolvimento exponencial graças aos trabalhos de Martin e Synge (PESSOA, 1993). Martin e Synge desenvolveram uma técnica de separação que hoje é conhecida como líquido-líquido e a teoria dos pratos, postulado que ilustra o processo de separação, quando feito em colunas, e até hoje utilizado para o cálculo das dimensões das colunas.

Dentre as diversas técnicas cromatográficas, temos a cromatografia em papel, desenvolvida por Martin e colaboradores e graças à sua simplicidade foi amplamente utilizada para a separação de substâncias orgânicas e inorgânicas. Após o advento da técnica de cromatografia em papel, tivemos grandes saltos no desenvolvimento de outras técnicas de separação como a cromatografia em camada fina, desenvolvida por Sthal; a cromatografia de permuta iônica; a cromatografia de exclusão molecular, desenvolvida à partir do ano de 1959, muito utilizada na área de biotecnologia para a separação de proteínas e polissacarídeos; a cromatografia em fase gasosa, desenvolvida por Martin e James (1952), que é hoje em dia muito utilizada para a separação de substâncias gasosas ou voláteis; a cromatografia de fluidos supercríticos (SFC), que foi utilizada pela primeira vez em 1962 por Klespin e colaboradores, para separação de porfirinas em níquel (PESSOA, 1993).

Como mostrado, existem diversas técnicas que podemos denominar de cromatografia, no entanto, todos os métodos envolvem uma fase móvel e uma fase estacionária. Os componentes da mistura se deslocam ao longo da fase estacionária pela fase móvel e a separação resulta das diferentes velocidades de migração, a migração diferencial, dos diferentes componentes da amostra. Podemos também afirmar que os vários componentes da amostra são retardados na sua passagem, de acordo com sua interação com a fase estacionária.

### **2.7.1 Cromatografia em papel**

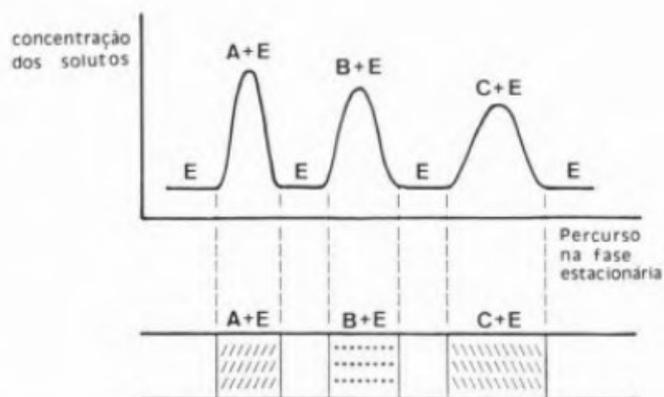
Existem algumas maneiras de classificar os métodos cromatográficos: (i) com base na natureza da fase móvel e estacionária e (ii) com base na natureza das interações moleculares envolvidas no mecanismo de separação.

Assim, no que se refere à natureza da fase móvel e estacionária, a cromatografia em papel pode ser caracterizada como uma técnica cromatográfica líquido-líquido, onde os componentes da amostra são separados entre a fase estacionária e a fase móvel em movimento no papel e aqueles componentes que têm a capacidade de formar pontes de hidrogênio migram mais lentamente (COLLINS et al., 2006). A cromatografia em papel, onde o processo cromatográfico se desenrola numa câmara fechada em que a fase estacionária e a fase móvel estão em contato com a "atmosfera", constitui uma técnica denominada de "leito aberto".

Em relação à natureza das interações moleculares envolvidas no processo de separação, a cromatografia de papel pode ser caracterizada como sendo: (i) adsorção, onde os solutos podem estar adsorvidos nos sítios ativos de um adsorvente sólido ou na fase móvel; (ii) permuta iônica, onde os solutos iônicos podem estar ligados a um grupo de cargas opostas ligadas de forma fixa a um suporte sólido, o papel, ou estão dissolvidos na fase móvel e (iii) partição, os solutos podem estar dissolvidos na fase estacionária líquida ou estão na fase móvel.

Na cromatografia líquida, a fase móvel, eluente, é um solvente (ou mistura de solventes), que é feito passar continuamente através da fase estacionária e que tem menor afinidade por esta que qualquer dos componentes da amostra. A zona contendo a amostra será assim obrigada a deslocar-se ao mesmo tempo em que se vai verificando um equilíbrio de distribuição dos vários solutos entre a fase móvel e a fase estacionária. Os componentes da amostra movem-se ao longo das fibras de papel a uma velocidade que é determinada pelas suas interações com a fase estacionária e fase móvel. Os

componentes são eluídos pela ordem da sua afinidade pela fase estacionária, e a sua velocidade de migração é menor que a do eluente, representado graficamente na Figura 1.



**Figura 1:** Representação gráfica da concentração de solutos e do eluente em função da distância percorrida no cromatograma (PESSOA, 1993).

### 2.7.2 Cromatografia circular plana aplicada a testes de qualidade

A cromatografia circular plana de Pfeiffer, pode se apresentar como mais uma ferramenta para técnicos e produtores rurais no acompanhamento do manejo do solo no sistema orgânico de produção. A cromatografia permite determinar a vida do solo e sua relação entre minerais, microbiologia, matéria orgânica, humificação, carbono do solo, respiração do solo, compactação, resíduos tóxicos, entre outros (Pinheiro, 2011).

A aplicação da cromatografia circular plana em testes de qualidades foi desenvolvida pelo bioquímico alemão Ehrenfried Pfeiffer. Inspirado pelos trabalhos feitos por Lily Kolisko, que mensuravam a interferência da lua e dos planetas sobre a ascensão dos sais dissolvidos nos líquidos e que recebeu o nome de diamólise capilar. Pfeiffer, que havia desenvolvido um método de detecção de doenças como sífilis, tuberculose e câncer baseado no padrão da cristalização de sais de cloreto de cobre em contato com fluidos dos pacientes. Após o contato com a agricultura biodinâmica, passou a investigar a utilização da cromatografia circular plana como teste de qualidade para compostos, vitaminas, fertilizantes, produtos vegetais e o próprio solo (PFEIFFER, 1984).

Dr. Pfeiffer percebeu que a fertilidade do solo é complexa, onde os microrganismos criam, transformam e destroem continuamente complexas moléculas

orgânicas e inorgânicas e vice-versa. Com base em seus estudos ele formulou a Teoria da Vitalidade do Solo baseada na diversidade de microrganismos que em suas membranas transformam orgânico em mineral e mineral em orgânico, ou seja, onde entropia volta a ser energia livre auxiliando, dessa maneira, os autótrofos a transformarem gás carbônico em matéria orgânica (PINHEIRO, 2011).

Em meados da década de 1940, quando Pfeiffer se encontrava radicado nos Estados Unidos, ele desenvolveu o método e publicou o livro “A cromatografia aplicada ao teste de qualidade”, além de uma série de artigos sobre a temática. A cromatografia circular plana aplicada a testes de qualidade é uma técnica qualitativa, mas a abordagem quantitativa também pode ser realizada (PFEIFFER, 1984). O teste consiste em separar as diferentes frações de extratos húmicos por meio da capilaridade do papel filtro.

A abordagem quantitativa do método vem sendo desenvolvida por diversos pesquisadores ao redor do mundo e vem apresentando grande avanços em sua aplicação prática. Como exemplo podemos citar a experiência dos pesquisadores indianos no centro de pesquisas de Murugappa, onde desenvolveram um software baseado em conceitos de inteligência artificial para auxiliá-los na interpretação dos cromatogramas (PERUMAL et al., 2014).

A utilização da cromatografia circular plana para a avaliação da qualidade do solo vem como alternativa aos métodos convencionais, que se vale de testes laboratoriais de fatores isolados, e em muito das vezes tanto os pesquisadores quanto os agricultores se deparam com a dificuldade de interpretar todos esses valores de maneira holística. Dessa maneira, a técnica da cromatografia de Pfeiffer busca a leitura da qualidade da vida do solo em determinado momento, onde podemos observar a cinética da atividade enzimática durante a fermentação ou equilíbrio proteico na formação da matéria orgânica do solo (RESTREPO & PINHEIRO, 2010).

O conceito de Qualidade do Solo mais utilizado atualmente é aquele que atribui ao solo diversas funções, dentre as quais manter a produção vegetal. Esse conceito é usualmente representado como um indicador integrado entre fatores físicos, químicos e biológicos. Por muitos anos os modelos de Índice de Qualidade do Solo (IQS) não levavam em consideração ou não atribuíam a devida importância aos fatores biológicos (CHAER, 2001), e cada vez fica mais evidente a importância da utilização da avaliação qualitativa concomitante à avaliação quantitativa, no intuito de estabelecer um método plausível para a avaliação da Qualidade do Solo.

Em sua teoria da fertilidade do solo, Pfeiffer atribui a fertilidade do solo não somente à quantidade de húmus, minerais ou de nitrogênio, e sim ao crescimento contínuo e variado de uma diversidade de microrganismos que decompõe os nutrientes a partir da matéria orgânica, partindo da premissa de que quanto maior for a diversidade de microrganismos que se desenvolve em um solo, maior também será sua fertilidade e sua capacidade de suportar o crescimento e a produção vegetal. Dado o exposto, a cromatografia de Pfeiffer apresenta-se como uma alternativa gráfica para ser agregada nos métodos de avaliação da Qualidade do Solo.

### **2.7.3 Interpretação físico-química da cromatografia de Pfeiffer**

A cromatografia em papel trata-se de uma técnica simples para análise de amostras, aplicada principalmente na separação e identificação de compostos polares, tais como açúcares, antibióticos hidrossolúveis, aminoácidos, pigmentos e íons metálicos (AQUINO NETO & NUNES, 2003). O papel é utilizado pelo fato da celulose possuir capilaridade e ser formada por glicoses ligadas (ligação glicosídica beta-1,4) onde suas hidroxilas podem interagir e se ligar à fase estacionária que nesse caso fica sobre o papel (fase normal polar) é utilizado o NaOH retida pelas ligações que se formam e a fase móvel que é menos polar é repelida pela estrutura (eluído mais).

Os componentes da amostra são separados entre a fase estacionária e a fase móvel em movimento no papel. Os componentes com maior polaridade, ou seja, que têm capacidade de formar ligações (ou “pontes”) de hidrogênio migram mais lentamente (COLLINS et al., 2006). Ao irradiar, o solvente irá arrastar mais os compostos menos adsorvidos (que interagem menos) na fase estacionária, separando-os dos mais adsorvidos. Então o papel será o material de análise e ele muitas vezes tem que ser revelado, pois as substâncias que se separam são normalmente incolores. Na cromatografia de Pfeiffer o nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3^-$ ) é utilizado como agente revelador.

A solução de NaOH à 1% permite separar, por precipitação, a fração húmica do solo da fração mineral, ou seja, ele dissolve a fração húmica e precipita os minerais presentes na solução do solo e as huminas. A concepção estrutural mais aceita atualmente indica que as substâncias húmicas se apresentam como agregados supramoleculares, organizando-se em grupos de diversos compostos orgânicos de baixa massa molecular, contendo domínios predominantemente hidrofílicos (ácidos fúlvicos) ou hidrofílico-hidrofóbicos (ácidos húmicos) (AQUINO NETO & NUNES, 2003). O que ocorre nos sistemas naturais é uma mistura desses domínios, ou seja, as substâncias húmicas não ocorrem de forma separada, mas contínua. Esses agregados são mantidos

em solução por pontes de hidrogênio e por interações hidrofóbicas que, isoladamente, são ligações fracas, que, entretanto, quando somadas, podem fornecer estruturação a essas substâncias e, assim, resultar numa apenas aparente alta massa molecular (BALDOTTO & BALDOTTO, 2014).

Quando, operacionalmente, promove-se a ionização com extratores alcalinos, ambos os grupos são solubilizados (BALDOTTO & BALDOTTO, 2014). É importante salientarmos que a simples diluição do solo com NaOH não representa a extração apenas das substâncias húmicas, mas também proteínas, carboidratos simples e complexos, enzimas, resinas, ligninas dentre outros compostos. O hidróxido de sódio, como reagente analítico de elementos minerais e orgânicos, dependendo da concentração dessas substâncias, reage com o nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3^-$ ) variando em cor e tonalidade permitindo, assim, uma avaliação quantitativa e qualitativa (Pinheiro, 2011).

A interpretação da cromatografia circular plana aplicada ao teste de qualidade, cromatografia de Pfeiffer, é feita por zonas no cromatograma.

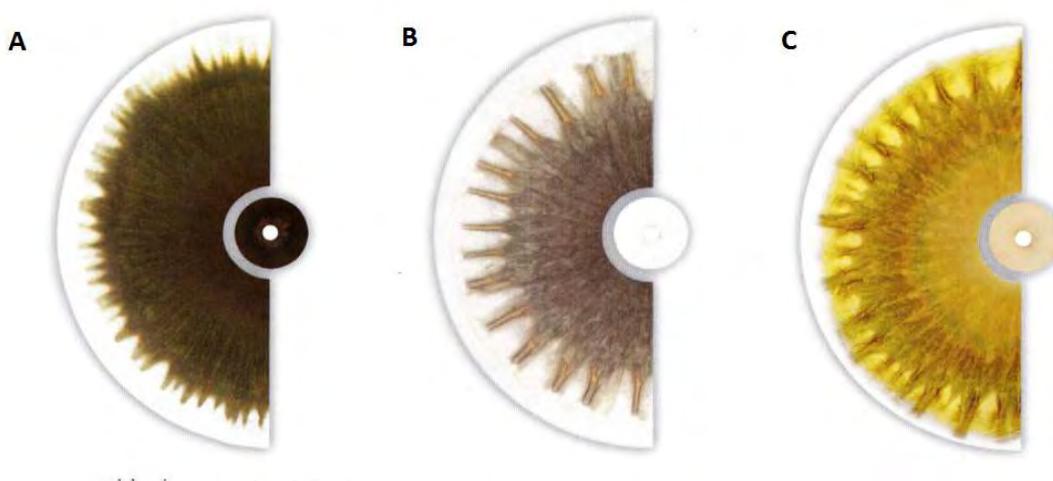
**Zona central:** É nessa zona onde passa, por capilaridade, todas as substâncias húmicas contidas na amostra de solo. Segundo Rivera & Pinheiro (2011), é nessa zona que se pode identificar a abundância de nitrogênio da amostra. Quando a zona central se apresenta bem definida e muito esbranquiçada mostra a reação do nitrato de prata com substâncias com alta concentração de nitrogênio, o que indica um solo que tem recebido altas doses de adubos nitrogenados ou adubos químicos altamente solúveis, também pode expressar um solo onde há uso intensivo de herbicidas. A utilização de compostos orgânicos mal processados, onde ainda não ocorreu a humificação, também pode apresentar essas características.

Por outro lado, quando a zona central se apresenta com coloração escura, pode nos indicar condições de aeração precárias do solo analisado. Quando a solução do solo entra em contato com o papel impregnado com nitrato de prata há a formação imediata de hidróxido de prata (AgOH), uma substância relativamente instável, que rapidamente forma um precipitado de óxido de prata ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ) (PFEIFFER, 1984). Se o solo não possui metabolismo aeróbico, ou possui menos metabolismos aeróbicos em detrimento dos anaeróbicos, acumulam-se algumas substâncias tóxicas na atmosfera do solo como metano, amoníaco, fosfina, gás sulfídrico e borano, por exemplo (PINHEIRO, 2011). Dessa maneira não há presença de atividades fermentativas ou respiratórias e nem de atividades de oxidação de minerais, formando uma cor escura.

Solo anaeróbico + 2NaOH + 2AgNO<sub>3</sub> → 2NaNO<sub>3</sub> + 2AgOH → Ag<sub>2</sub>O (coloração escura).

Esta coloração escura diminui à medida que se aumenta a atividade dos metabolismos aeróbicos, onde os compostos nitrogenados gerados por estes metabolismos solubiliza o óxido de prata formando o complexo Amin prata [Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup> (PINHEIRO, 2011).

Solo aeróbico + 2NaOH + 2 AgNO<sub>3</sub> → 2NaNO<sub>3</sub> + 2AgOH + 4NH<sub>4</sub>OH → 2[Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]OH (coloração prata).

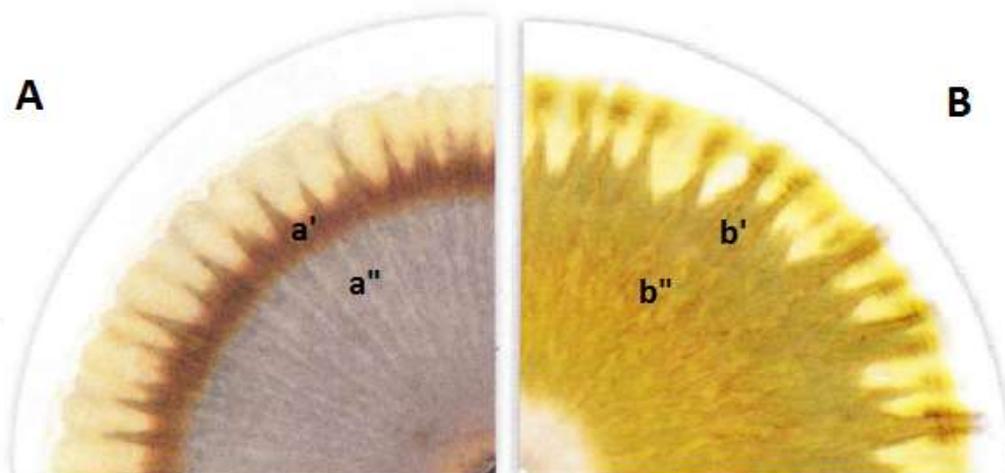


**Figura 2:** Padrões de referência da zona central. A – Coloração escura, indicador de solos com pouca oxigenação e predominância de microrganismos anaeróbicos; B – Zona central muito branca e bem definida, indicador de solos com grande teor de compostos nitrogenados ou utilização de fertilizantes orgânicos ainda não compostados. C – Zona central com coloração creme, indicadora de solos com boa aeração e com equilíbrio de compostos nitrogenados (RIVERA & PINHEIRO, 2011).

Zona interna: Representada pelo segundo anel no cromatograma, é onde se concentra a grande maioria das reações com os minerais da amostra. É importante ressaltar que esses não são os minerais solúveis na solução do solo, mas sim aqueles presentes na fração húmica, ainda na forma de açúcares, aminoácidos, lipídeos, mineral das enzimas, vitaminas e proteínas (PINHEIRO, 2011). Pfeiffer, E. (1984), em seu livro Cromatografia aplicada a testes de qualidade, afirma que cores violetas nessa zona indicam uma alta taxa de mineralização da matéria orgânica em detrimento da humificação da mesma. Ao mesmo tempo em que um desenvolvimento harmônico do centro à periferia é indicador de um solo com uma boa reserva de matéria orgânica e plena atividade microbiana, enquanto a formação de anéis bem definidos na zona

interna indica a presença de matéria orgânica imobilizada e um solo com baixa atividade microbiana. Como na zona central, o aparecimento de colorações escuras, negras ou acinzentadas expressa predominância de produtos do metabolismo anaeróbico.

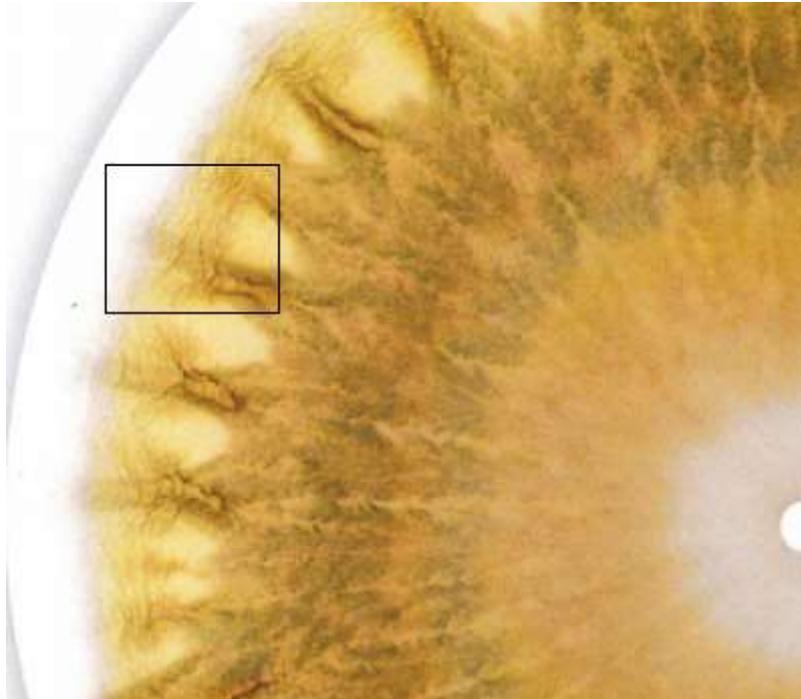
**Zona intermediária:** Representada pelo terceiro anel, pode ser chamada também de zona da matéria orgânica. É nessa zona que expressa a presença ou mesmo a ausência de matéria orgânica da amostra de solo. Rivera & Pinheiro (2011) afirmam que somente a presença de matéria orgânica nessa zona não necessariamente significa que ela esteja integrada ou biologicamente ativa. É interessante que essa zona esteja totalmente integrada à zona interna de maneira gradativa, o que identifica uma matéria orgânica quimicamente ativa e com alta atividade biológica.



**Figura 3:** Padrões de referência da zona interna e zona intermediária. A – Padrão não desejável de zona interna e intermediária; Em (a') podemos identificar uma zona intermediária bem delimitada e enegrecida e em (a'') a expressão de uma zona interna de coloração lilás, indicador de alta taxa de mineralização em detrimento da humificação da matéria orgânica. B – Padrão desejável de zona interna e intermediária; Em (b') identificamos uma zona intermediária com coloração bege amarelada e que se integra harmoniosamente com a zona interna e em (b'') a zona interna se apresenta com a coloração laranja amarelada e integrada harmoniosamente com a zona intermediária (RIVERA & PINHEIRO, 2011).

**Zona externa:** Nesta zona podemos ver a expressão das substâncias complexas de alto peso molecular (PFEIFFER, 1984) como proteínas, vitaminas e enzimas (RIVERA & PINHEIRO, 2011). Essa zona expressa toda a biodiversidade dos microrganismos por

meio de sua síntese proteica e polipeptídios solúveis da vida no solo. Pinheiro (2011) conclui que quanto maior a diversidade microbiana, maior o número de membranas que ultrapassam a zona intermediária e chega a esta zona com picos diferentes e variados.



**Figura 4:** Padrão desejável de zona externa, onde podemos identificar a formação das diversas membranas que ultrapassaram a zona intermediária e se expressaram zona externa (RIVERA & PINHEIRO, 2011).

## **CAPITULO I**

# **A EFICIÊNCIA AGROECONÔMICA DA FERTILIZAÇÃO COM COMPOSTO FERMENTADO ALIADA À APLICAÇÃO DE COBERTURA VEGETAL MORTA NO CULTIVO ORGÂNICO DE HORTALIÇAS**

## 1 INTRODUÇÃO

A fertilidade do solo pode ser elevada pelo uso de fertilizantes minerais, corretivos e fertilizantes orgânicos, no entanto, os fertilizantes minerais e os corretivos, embora aumentem a disponibilidade de nutrientes às culturas, têm pequena contribuição na melhoria das propriedades físicas e biológicas, quando comparados aos fertilizantes orgânicos.

Devido à sua composição muito rica em matéria orgânica e a presença de microrganismos, o composto fermentado pode proporcionar ao solo uma série de vantagens, entre elas a melhoria de sua estrutura e o aumento da diversidade microbiana. Existe na literatura uma série de trabalhos relatando a possibilidade de se obter ganhos na produtividade de diversas culturas com a fertilização com composto orgânico fermentado (MAGRINI et al. 2009; HAFLE et al. 2009; GUIMARÃES et al. 2008; OLIVEIRA et al. 2008; FERREIRA et al. 2013; SHINGO & VENTURA, 2009).

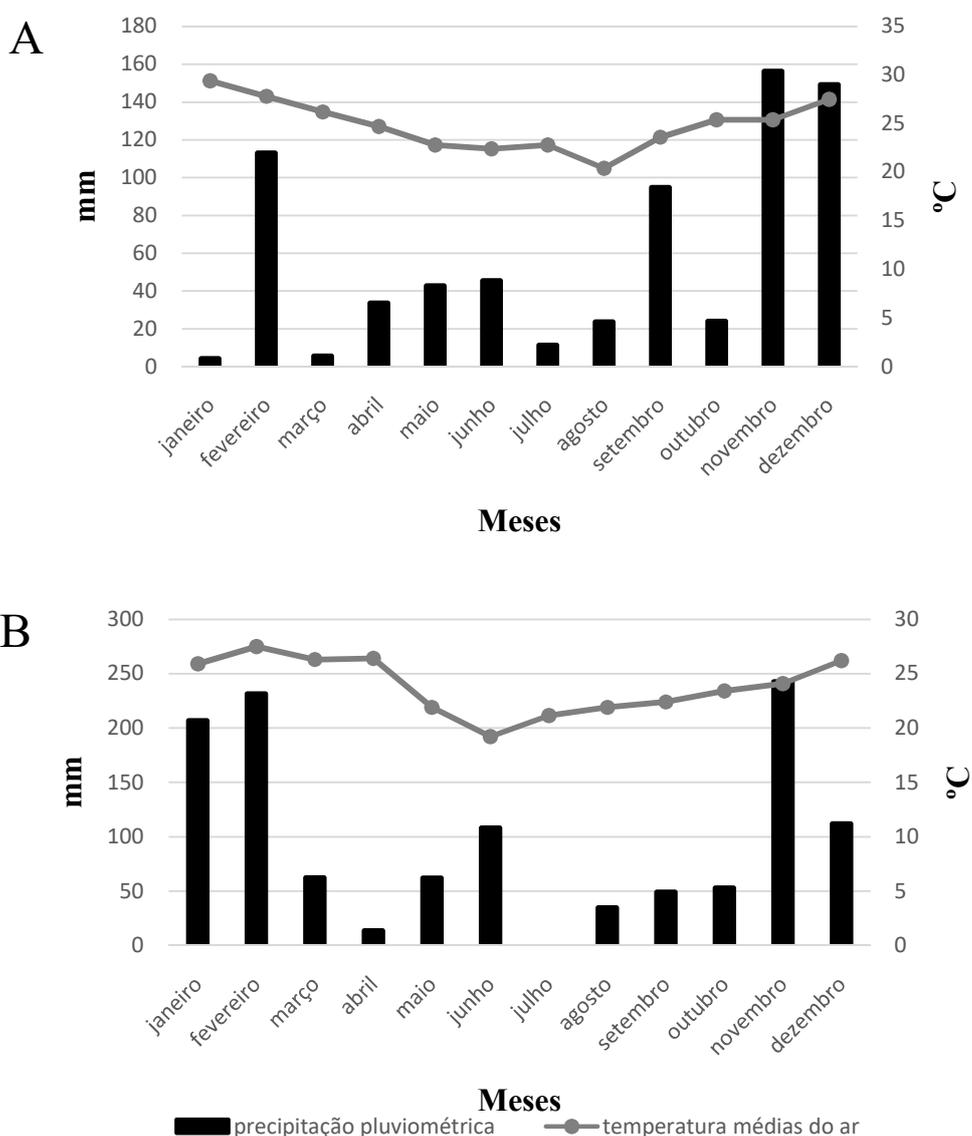
O rendimento econômico da cultura da cenoura e da beralha está diretamente ligado aos fatores de produção, que condicionam a lucratividade pela quantidade e qualidade dos produtos colhidos, sejam eles raízes ou parte aérea. As diferenças tecnológicas estão diretamente relacionadas às condições das culturas e do aporte financeiro do produtor, que se traduzem nos tratos culturais dispensados às culturas, tendo impacto positivo sobre os indicadores econômicos e, conseqüentemente, na lucratividade do empreendimento. Os gastos com fertilizantes, em geral, correspondem a um montante significativo dos custos totais relativos aos insumos.

Este capítulo tem como objetivo a avaliação do efeito da aplicação de composto orgânico fermentado aliado à utilização de cobertura vegetal morta no desempenho agrônômico da cenoura e da beralha cultivadas em sucessão sobre um Argissolo Vermelho-Amarelo. Tendo em vista a importância dos estudos de eficiência e viabilidade econômica dos fertilizantes orgânicos especificamente para cada cultura, de maneira que possa embasar melhor os produtores orgânicos e profissionais das ciências agrárias na tomada de decisão sobre qual tipo de fertilizante utilizar, também será avaliado no capítulo a viabilidade agroeconômica da fertilização com composto fermentado na sucessão cenoura x beralha em um cenário idealizado para que

corresponda à realidade dos produtores orgânicos de base familiar no estado do Rio de Janeiro.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos sob condições de campo, em dois anos agrícolas consecutivos, 2015 e 2016, no SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica - “Fazendinha Agroecológica Km 47”). O clima, segundo classificação de Köppen, enquadra-se no tipo Aw. O regime pluviométrico é normalmente caracterizado por períodos de chuvas intensas no verão e estiagem no inverno. A precipitação anual é da ordem de 1300 mm. Apesar das chuvas se concentrarem na primavera e no verão, é comum a ocorrência de “veranicos” (períodos secos) nos meses de janeiro e/ou fevereiro (Figura 1).



**Figura 1.** Precipitação pluviométrica e temperatura média do ar na Fazendinha Agroecológica Km 47 (Dados da estação meteorológica do SIPA); **A** – ano de 2015; **B** – ano de 2016.

A área experimental totalizou 88 m<sup>2</sup>, reunindo quatro canteiros de 20 m de comprimento por 1,10 m de largura, levantados com o auxílio de roto-encanteiradora tratorizada. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 2006), cuja análise química (0,0-0,2 m), realizada segundo a metodologia preconizada pela Embrapa (1997), forneceu os seguintes resultados no 1º ano agrícola: pH em água = 6,40; Al<sup>+++</sup> = 0,00 cmolc dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>++</sup> = 2,50 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>++</sup> = 1,22 cmolc dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 196,00 mg dm<sup>-3</sup>; P disponível = 110,87 mg dm<sup>-3</sup>; C=5,90 g kg<sup>-1</sup> e N = 0,76 g kg<sup>-1</sup>. No segundo ano agrícola a análise de solo forneceu os seguintes resultados: pH em água = 6,52; Al<sup>+++</sup> = 0,00 cmolc dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>++</sup> = 2,45 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>++</sup> = 0,87 cmolc dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 180,00 mg dm<sup>-3</sup>; P disponível = 105,87 mg dm<sup>-3</sup>; C= 5,7 g kg<sup>-1</sup> e N = 0,72 g kg<sup>-1</sup>.

O delineamento estatístico adotado foi o de blocos casualizados (DBC) dispostos em esquema fatorial (5 x 2) com quatro repetições, sendo os tratamentos correspondente a cinco doses de composto orgânico fermentado (0, 50, 100, 200 e 400 kg de N total ha<sup>-1</sup>) na ausência e presença de cobertura vegetal morta na dose equivalente a 20 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca. As doses equivalentes de composto orgânico fermentado aplicado ao solo estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Doses de composto orgânico fermentado equivalentes aos tratamentos utilizados nos dois anos experimentais.

2015	
Doses (kg de N total ha <sup>-1</sup> )	Dose (kg de composto fermentado m <sup>-2</sup> )
0	0
50	0,132
100	0,265
200	0,530
400	1,060
2016	
0	0
50	0,140
100	0,280
200	0,560

---

Nos dois anos de condução do trabalho experimental o composto orgânico fermentado foi incorporado manualmente ao solo, sete dias antes do plantio da cenoura, com o auxílio de enxada, procurando-se atingir uniformemente toda a superfície da parcela. Após a incorporação do composto fermentado foi disposto a cobertura vegetal morta formada pela parte aérea picada de *Pennisetum purpureum*(cv. Cameroon) cobrindo os canteiros. A cobertura foi aplicada na ocasião da semeadura da cenoura, no primeiro ano agrícola, sendo resposta no segundo ano de cultivo. Irrigações foi conduzida por aspersão, sendo realizada diariamente.

A cultivar de cenoura utilizada foi a Brasília, selecionada para o período de verão apresentando como características os fato das raízes serem cilíndricas, com coloração alaranjada clara e com baixa incidência de ombro roxo ou verde. Esta cultivar apresenta alta resistência à queima das folhas e tolerância à nematoides e vem sendo cultivada com sucesso em todas as regiões do Brasil (VILELA & BORGES, 2008).

A cenoura foi semeada no espaçamento de 0,25 metros entrelinhas e aos 25 dias após a semeadura (DAS) foi feito o desbaste para que a distância entre as plântulas da fosse mantida a 0,05 metros. Em ambos os anos agrícolas as plantas foram colhidas aos 110 DAS medindo-se a massa fresca e o diâmetro de raízes, posteriormente procedendo-se a classificação das raízes.



**Figura 2.** A – Tratamentos com doses diferentes de composto fermentado; B – Desenvolvimento da cenoura no 1º ano agrícola; C – Crescimento da cenoura no 2º ano agrícola avaliado.

Para avaliação do efeito residual do composto fermentado incorporado antecedendo ao cultivo da cenoura, imediatamente após a colheita da cenoura foi plantada bertalha (*Basella alba*), proveniente de produção de sementes próprias colhidas na Fazendinha Agroecológica Km 47 realizada a partir de mudas produzidas em bandejas de poliestireno expandido com capacidade para 200 células em estufa na Fazendinha Agroecológica. Após 35 dias da sementeira as mudas foram transplantadas em sucessão à cenoura utilizando-se o espaçamento de 0,25 x 0,25 metros equivalentes a 160.000 plantas ha<sup>-1</sup> (Figura 2).

**A**



**Figura 3.** A – Plantio da beralha no primeiro ano agrícola (2015); B- plantio da beralha no segundo ano agrícola (2016).

Imediatamente após a colheita da parte aérea da beralha as plantas (8 de cada parcela), localizada nas linhas centrais, foram levadas ao laboratório para pesagem e determinação da produção de massa fresca, número de folhas e medição da área foliar (feita com o auxílio do medidor Licor Equipamentos, modelo LI-3100). Amostras de folhas foram retiradas, acondicionadas em sacos de papel que foram levados à estufa de renovação forçada de ar com temperatura mantida à 65 °C, permanecendo até massa constante com vistas à determinação da umidade e teor de massa seca.

Durante os ciclos de cultivo de cenoura e de beralha foram efetuadas operações de capina manual e, nos cultivos de beralha, pulverização com produto comercial à base de *Bacillus thuringiensis* para controle de lagartas.

Na formulação do composto orgânico fermentado empregado nos experimentos os farelos de trigo e mamona foram utilizados obedecendo a proporção, respectivamente, de 60% e 40% (SOUZA E RESENDE, 2003). Para 100 kg da mistura

(base matéria seca) foram adicionados 200 ml de inoculante microbiano de origem comercial (Embiotic®) ativado e água até se obter umidade média da mistura de 40% (v.v). As foram então acondicionadas em bombonas de PVC (capacidade volumétrica de 100L), imediatamente fechadas com tampa rosqueável e mantidas em galpão durante um período de 21 dias antecedendo à utilização. A caracterização química dos compostos orgânicos fermentados é apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2.** Teores de C, N, relação C/N e teores de P, K, Ca e Mg dos compostos orgânicos fermentados utilizados nos dois anos experimentais.

Ano	C	N	C:N	P	K	Ca	Mg
	----- g kg <sup>-1</sup> -----						
2015	520,5	37,7	13,8	9,5	11,5	3,4	4,7
2016	518,0	35,6	14,5	8,5	10,2	2,8	3,9

Realizou-se uma análise de crescimento da cenoura com auxílio de metodologia preconizada por Radford (1967). Para tanto as plantas foram coletadas aos 15, 25, 35, 45 e 55 dias após o desbaste, determinando-se a área foliar, a produção de massa fresca e seca da parte aérea e da raiz (TEÓFILO et al., 2009). As folhas foram levadas ao medidor de área Licor Equipamentos, modelo LI-3100, para determinação da área foliar. Estas medições foram feitas como descrito anteriormente

Os valores primários de produção de massa seca da parte aérea e da raiz, e da área foliar foram ajustados pelo método do quadrado mínimo em relação ao tempo (dias após desbaste – DAD). Entre as funções matemáticas testadas, a melhor modelagem alcançada, tendo como base o coeficiente de determinação do modelo ( $r^2$ ), foi a função exponencial do 2º grau para todos os índices fisiológicos avaliados.

A partir dos valores de área foliar e massa seca total foram determinados os seguintes índices fisiológicos, conforme as fórmulas matemáticas apresentadas (RADFORD, 1967; REIS & MULLER, 1979; PEREIRA & MACHADO, 1987), como descrito a seguir:

Índice de área foliar (IAF): Relação da área foliar total da planta ( $m^2$ ), por unidade de terreno disponível para a planta ( $m^2$ ):

$$IAF = AF/S$$

Onde: AF = Área Foliar e S = Superfície do solo

Taxa de crescimento da cultura (TCC): A TCC, expressa em gramas dia<sup>-1</sup>, avalia produtividade primária líquida. É o somatório das taxas de crescimento dos diversos componentes das plantas (REIS & MULLER, 1979).

$$TCA = (W_1 - W_2) / (t_2 - t_1)$$

Onde: W = massa seca total; t = tempo, 1 e 2 = duas amostragens sucessivas.

Taxa de crescimento relativo (TCR): A TCR (g<sup>-1</sup>g<sup>-1</sup> t<sup>-1</sup>) expressa o ganho de massa em matéria seca por unidade de massa inicial, em um determinado intervalo de tempo.

$$TCR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$$

Onde: Ln = logaritmo neperiano

Taxa assimilatória líquida (TAL): A TAL, expressa em g dm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, representa a taxa de crescimento da massa da matéria seca por unidade de área foliar da planta. Para tanto, assume-se que AF e W possuem crescimento exponencial (BRIGGS, et al., 1920).

$$TAL = [(W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)] \times [(\ln AF_2 - \ln AF_1) / (AF_2 - AF_1)]$$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo os fatores dose de composto fermentado e cobertura do solo analisados pelo teste F, sendo identificadas diferenças nos atributos estudados, as médias dos tratamentos foram, quando pertinente, comparadas pelo teste Tukey também utilizando-se o nível de probabilidade de 5%.

Indicadores agroeconômicos foram empregados para estimar a viabilidade financeira da utilização do composto fermentado como fertilizante na sucessão de cultivos envolvendo cenoura e beralha, sendo utilizados os aferidores renda bruta (RB), renda líquida (RL) e índice de lucratividade (IL).

A renda bruta (RB) calculada considerando-se a produtividade da cultura em cada tratamento, pelo valor aferido do produto pago ao agricultor. Para efeito de comparação os preços utilizados no modelo agroeconômico foram aqueles praticados na feira de produtos orgânicos do bairro Glória, na cidade do Rio de Janeiro e os preços pagos no CEASA-RJ. O preço pago pelo consumidor na feira da Glória correspondeu a R\$ 8,00 kg<sup>-1</sup> cenoura<sup>-1</sup> em ambos os anos (2015 e 2016) e R\$ 4,00 kg<sup>-1</sup> beralha<sup>-1</sup> (R\$ 2,00 molho de 500 g<sup>-1</sup>) em ambos anos agrícolas. No que se refere ao CEASA-RJ, o preço foi de R\$ 1,47 kg<sup>-1</sup> cenoura<sup>-1</sup>, no ano de 2015, e de R\$ 2,50 em 2016, e de R\$ 2,89 kg<sup>-1</sup> beralha<sup>-1</sup> em ambos os anos.

A renda líquida (RL) foi calculada subtraindo-se da renda bruta os custos de produção e comercialização provenientes de insumos empregados e serviços, estes custos (CP) foram calculados baseando-se equivalente à um hectare da cultura da cenoura e da beterraba. Foram considerados os preços de insumos e serviços vigentes nos meses de março de 2015 e março de 2016, na cidade de Seropédica. O índice de lucratividade (IL) foi obtido a partir da relação entre a RL e RB, sendo o resultado expresso em percentagem.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Análise de crescimento da cultura da cenoura sob diferentes doses de composto orgânico fermentado na ausência ou presença de cobertura vegetal morta no solo.

Considerando-se que o crescimento das plantas é determinado pela energia luminosa interceptada pelas folhas e pela conversão eficiente dessa energia em produtos fotossintéticos (GIFFORD et al., 1984), a eficiência dessa conversão geralmente leva a um aumento da produção de biomassa e é determinada por uma série de processos bioquímicos e fisiológicos complexos (BANSAL et al, 1993).

Neste sentido buscou-se conhecer o crescimento da cultura da cenoura submetida à fertilização orgânica tendo como fonte um composto orgânico fermentado e os parâmetros estudados utilizados na análise funcional do crescimento desta hortaliça encontram-se apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Valores médios para a Massa seca Total (W), Taxa de Crescimento da Cultura (TCC), Taxa de Crescimento Relativo (TCR), Taxa de Assimilação Líquida (TAL) e Índice de Área Foliar (IAF), na ausência e presença de cobertura vegetal morta, para cultura da cenoura no ano agrícola de 2015.

Parâmetros funcionais do crescimento da cenoura						
Dose <sup>1</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	DAD <sup>2</sup> (dias)	W (g planta <sup>-1</sup> )	TCC (g m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup> )	TCR (g g <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	TAL (g m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup> )	IAF
<b>Ausência de cobertura vegetal morta</b>						
	15-30	7,33	0,270	0,03	0,07	3,80
D0	30-45	10,98	0,153	0,01	0,03	4,36
	45-60	11,74	-0,054	-0,004	-0,01	4,29
D50	15-30	7,37	0,376	0,05	0,107	3,49

	30-45	13,24	0,323	0,02	0,07	4,53
	45-60	11,85	0,050	0,00	0,01	5,21
	15-30	10,12	0,555	0,05	0,107	5,31
D100	30-45	17,73	0,303	0,01	0,040	7,79
	45-60	12,52	-0,230	-0,01	-0,031	7,73
	15-30	7,85	0,345	0,04	0,09	3,63
Continuação da Tabela 3	30-45	12,65	0,219	0,01	0,04	4,59
D200	45-60	13,91	-0,04	0,00	0,00	5,16
	15-30	7,56	0,370	0,05	0,106	3,47
D400	30-45	13,14	0,293	0,02	0,07	4,09
	45-60	15,35	0,02	0,00	0,00	4,51
<b>Presença de cobertura vegetal morta</b>						
	15-30	7,39	0,333	0,04	0,08	3,87
0	30-45	12,03	0,196	0,01	0,04	4,69
	45-60	12,88	-0,08	-0,006	-0,01	4,66
	15-30	8,09	0,260	0,03	0,06	4,03
50	30-45	13,18	0,408	0,03	0,07	5,45
	45-60	18,90	0,567	0,03	0,07	7,78
	15-30	8,76	0,363	0,04	0,07	4,91
100	30-45	14,83	0,392	0,02	0,06	6,28
	45-60	19,07	0,283	0,01	0,04	6,92
	15-30	6,59	0,194	0,02	0,06	3,02
200	30-45	10,16	0,268	0,02	0,07	3,58
	45-60	20,71	0,329	0,02	0,08	4,03
	15-30	9,03	0,378	0,04	0,07	4,85
400	30-45	15,73	0,468	0,03	0,08	5,43
	45-60	21,31	0,438	0,02	0,07	5,89

<sup>(1)</sup> Dose de composto orgânico fermentado; <sup>(2)</sup> Dias após desbaste

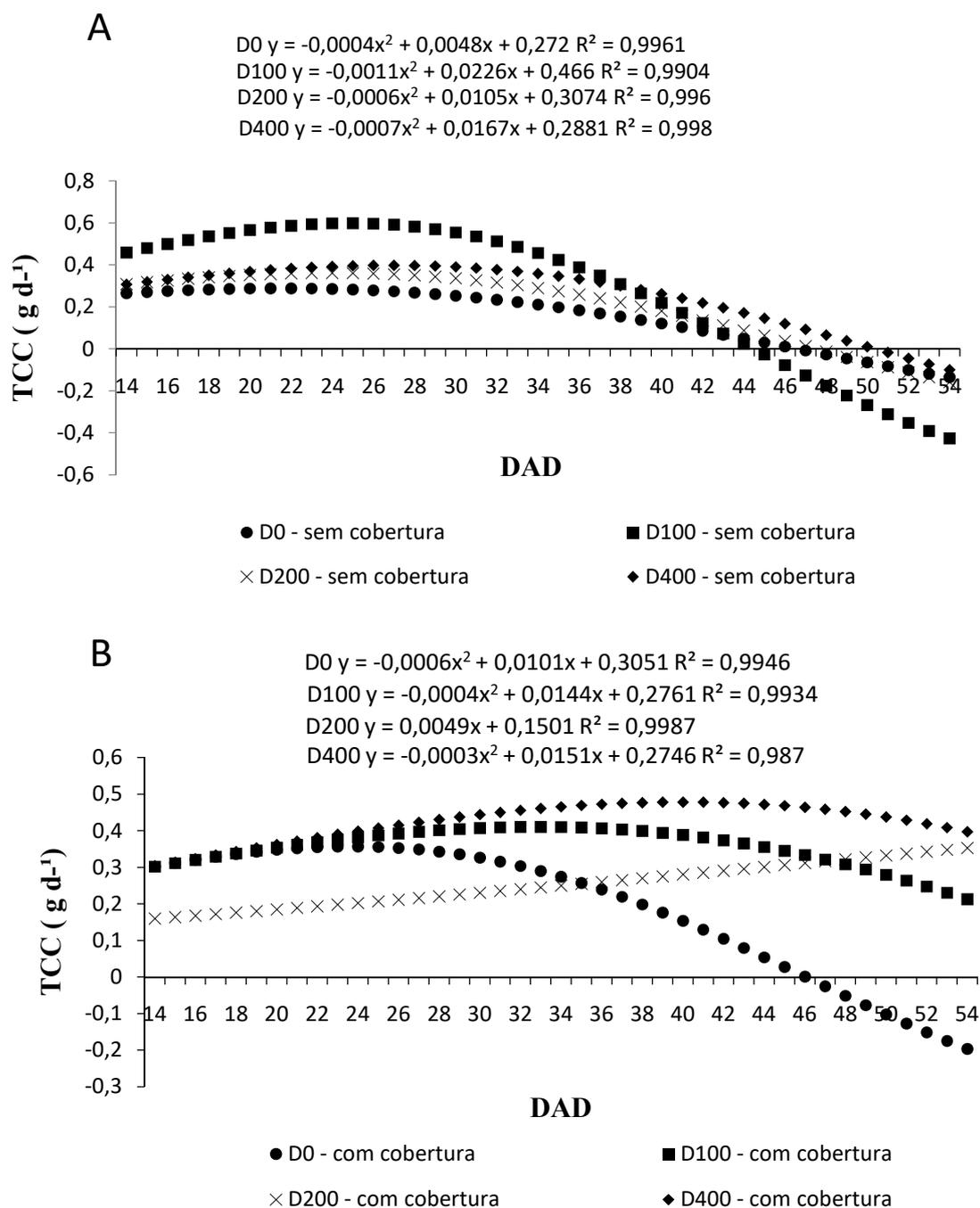
A produção de massa seca total (W) apresentada na tabela 3, na ausência e presença de cobertura vegetal morta, é o resultado da quantidade biomassa vegetal acumulada conjuntamente na raiz e parte aérea nas diferentes doses aplicadas de

composto fermentado dentro das diferentes épocas de amostragem. Entre os tratamentos representando a fertilização com composto fermentado, na presença de cobertura morta, destaca-se a dose de 400 Kg de N total ha<sup>-1</sup> como a que proporcionou os maiores ganhos de massa seca quando ao tratamento controle que não recebeu fertilização (0 kg de N total ha<sup>-1</sup>) considerando todas as épocas de amostragens. Foi observado comportamento semelhante também na ausência de cobertura vegetal morta do solo (Tabela 3).

A aplicação da cobertura vegetal morta provavelmente influenciou diretamente o desenvolvimento das plantas de cenoura, o que refletiu nos maiores valores de acúmulo de massa seca (W) (parte aérea e raiz) nos tratamentos onde foi. Resende et al. (2005), avaliando a influência da cobertura vegetal morta na cultura da cenoura, concluíram que a utilização se mostrou vantajosa no cultivo de verão da cenoura, promovendo redução de até 3,5°C, aumentando a manutenção do teor de água do solo em até 2,3% e melhorando o desenvolvimento das plantas de cenoura, quando comparado com a ausência de aplicação de cobertura vegetal morta.

Estudos com espécies de hortaliças mostraram que a utilização da cobertura vegetal morta proporcionou resultados positivos tanto em atributos do solo quanto das culturas. No alho, a cobertura vegetal morta acarretou temperaturas mais amenas e teores de umidade mais elevados que a cobertura formada de polietileno opaco branco e pelo solo sem cobertura, bem como proporcionou maior rendimento de bulbos (COSTA et al., 1997). De forma semelhante, na cultura do taro (*Colocasia esculenta*), verificou-se que a utilização da cobertura vegetal morta associada à adubação orgânica foram eficientes na manutenção da umidade, resultando em rizomas com maior peso de matéria fresca e seca (MIYASAKA et al., 2001).

A TCC representa a variação do acúmulo de matéria seca no tempo e é função do produto entre a taxa assimilatória líquida (TAL) e o índice de área foliar (IAF). Em geral, há um aumento inicial acompanhando o IAF, quando a TCC atingir seu máximo o IAF é ótimo. O incremento do IAF acima desse ótimo indica que está ocorrendo auto sombreamento, o que leva à diminuição da TAL devido ao aumento da respiração e à degradação de folhas, refletindo a queda da TCC. As curvas da TCC dos tratamentos apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em relação às doses utilizadas de composto fermentado e ao tipo de cobertura do solo (Figura 4).



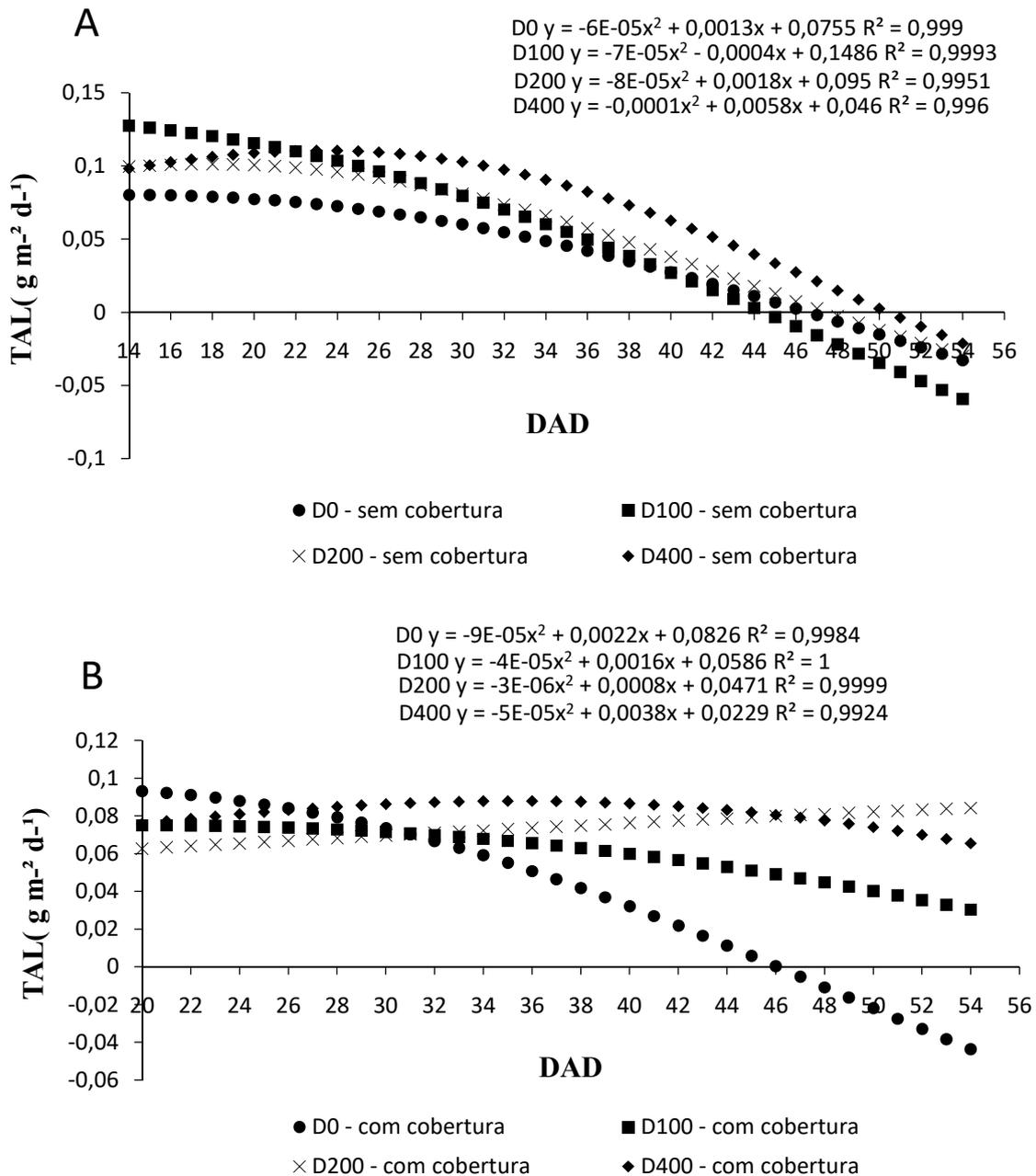
**Figura 4.** Taxa de crescimento da cultura (TCC) da cenoura em sistema orgânico de produção em função de doses de composto fermentado. **A** – Ausência de cobertura vegetal morta; **B** – Presença de cobertura vegetal morta.

Os tratamentos onde foram empregadas as doses de 100 e 400 kg de N total ha<sup>-1</sup>, via composto fermentado, na presença de cobertura vegetal morta, proporcionaram os maiores valores de TCC aos 28 e 38 DAD, respectivamente, enquanto que no tratamento em que não foi aplicado o composto fermentado (controle) observou-se que

o valor máximo de TCC ocorreu aos 18 DAD. Em contrapartida a dose de 200 kg de N total ha<sup>-1</sup> via composto fermentado promoveu trajetória crescente mesmo após os 38 DAD (Figura 12).

Como o processo de fotossíntese está relacionado à área foliar, o crescimento da cultura será maior quanto mais rápido a planta atingir o índice de área foliar máximo e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa (PEREIRA & MACHADO, 1987). Neste sentido os modelos ajustados das doses aplicadas de composto fermentado denotam que o valor máximo da TCC ocorreu aos 38 DAD na dose equivalente à 400 kg de N total ha<sup>-1</sup>, após esta data nota-se que a TCC começa a declinar o que pode ser atribuído ao fato da área foliar não continuar plenamente ativa, apontando um possível auto sombreamento e conseqüente diminuição da TAL. Em contrapartida, o tratamento com 200 kg de N total ha<sup>-1</sup> via composto fermentado apresentou incremento da TAL após os 54 DAD e deve-se destacar que ainda próximo à fase de colheita da cenoura acarretou repercussão positiva na TCC.

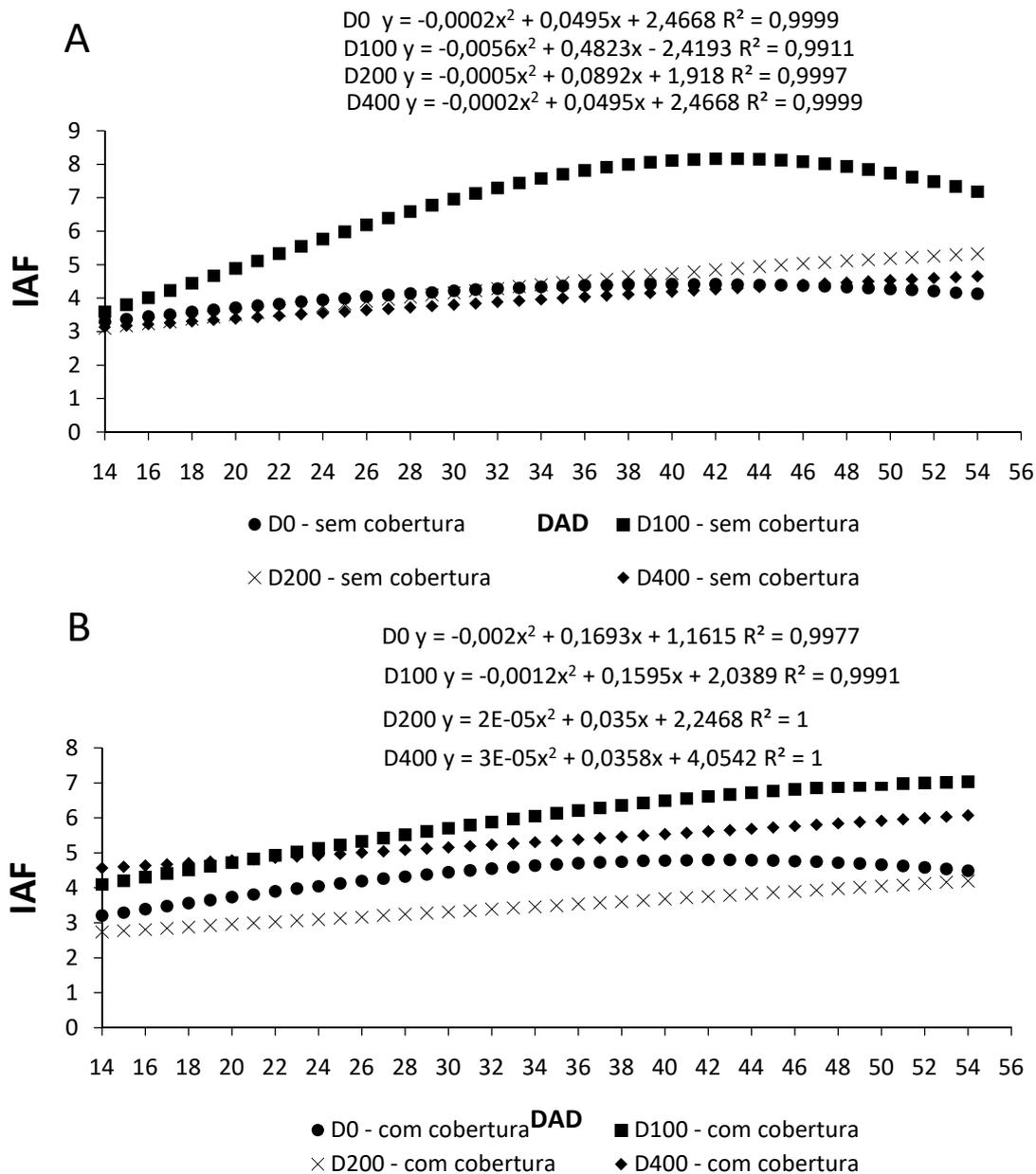
Em adendo pode-se relatar que o tratamento que correspondente à dose de 200 kg de N total ha<sup>-1</sup> via composto, na presença de cobertura morta, se diferenciou dos demais tratamentos principalmente em relação ao IAF e a TAL (Figuras 5 e 6). Notou-se que a curva de IAF apresentou o mesmo padrão que nos demais tratamentos, porém, os ajustes matemáticos revelaram que os valores foram menores, isto permite especular que houve expansão da área foliar sem, contudo, afetar a TAL, que se manteve sempre crescente durante o ciclo da cenoura. Aos 48 DAD a dose equivalente à 200 kg de N total ha<sup>-1</sup> promoveu o maior ganho de produção diária de biomassa (g g<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>) aparentemente refletindo maior eficiência na conversão de fotoassimilados em produção de massa.



**Figura 5.** Taxa de assimilação líquida (TAL) da cenoura em sistema orgânico de produção em função de doses de composto fermentado. **A** – Ausência de cobertura vegetal morta; **B** – Presença de cobertura vegetal morta.

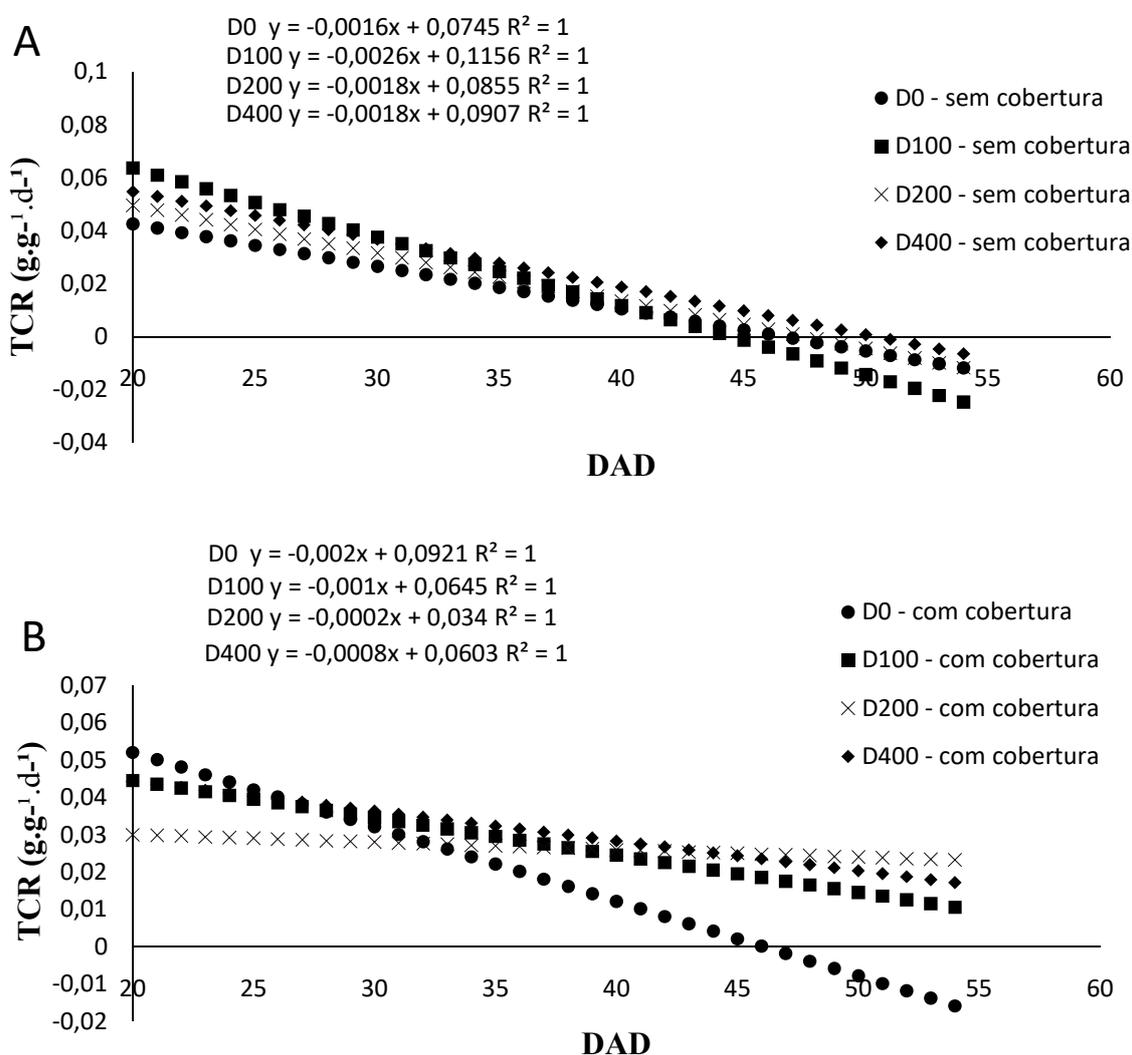
Na presença de cobertura morta a dose de 200 kg de N total  $ha^{-1}$  promoveu taxa de crescimento de  $0,41 \ g \ dia^{-1}$  aos 54 DAD (Figura 4). Resultados semelhantes foram encontrados em estudos conduzidos com cultivares de cenoura (TÉOFILO et al. 2009) avaliando as taxas de crescimento que revelou que o incremento da TCC da cultivar Brasília, na presença de fertilização com fonte sintética, apresentou padrão crescente até os 56 DAD com acúmulo de  $0,5 \ g$  de massa seca  $dia^{-1}$ .

No que se refere à TCR, observou-se efeito da aplicação de cobertura morta do solo (Figura 7). Neste sentido, os tratamentos em que foram utilizados a cobertura morta geralmente repercutiram positivamente na TCR, mantendo-se mais elevada do que nos tratamentos onde a cobertura vegetal morta não foi empregada. Semelhante aos outros parâmetros discutidos até aqui, os benefícios diretos da utilização de cobertura morta vegetal, normalmente descritos na literatura, como redução da oscilação térmica e manutenção da umidade do solo, possivelmente foram atributos presentes no solo que contribuíram no aumento das taxas de crescimento das plantas de cenoura.



**Figura 6.** Índice de área foliar (IAF) da cenoura em sistema orgânico de produção em função de doses de composto fermentado. **A** – Ausência de cobertura vegetal morta; **B** – Presença de cobertura vegetal morta.

Nas parcelas onde não se utilizou a cobertura vegetal morta no solo, a maior dose de composto fermentado (400 kg de N total ha<sup>-1</sup>) apresentou a maior TCR a partir dos 37 DAD e assim se mantendo até a ocasião da colheita da cenoura. Nas mesmas parcelas, sem cobertura do solo, para todas as doses utilizadas as plantas de cenoura terminaram seu ciclo com TCR negativa. Um fator que pode contribuir para o declínio da TCR é o alto índice de área foliar (BENINCASA, 2003) e o tratamento equivalente à dose de 100 kg de N total ha<sup>-1</sup> foi aquele onde observou-se os maiores IAFs (Figura 6). O crescimento foliar aumenta a interferência de folhassuperiores sobre as inferiores (auto sombreamento) e a tendência é de a área foliar útil diminuir, diminuindo dessa maneira o ganho de massa.



**Figura 7.** Taxa de crescimento relativo (TCR) da cenoura em sistema orgânico de produção em função de doses de composto fermentado. **A** – Ausência de cobertura vegetal morta; **B** – Presença de cobertura vegetal morta.

A aplicação de cobertura vegetal morta propiciou que a TCR se mantivesse positiva durante todo o ciclo da cenoura em todas as doses de composto orgânico fermentado. No tratamento correspondente ao controle (sem aplicação de composto), a partir dos 47 DAD notou-se que as plantas apresentaram valores negativos de TCR, o que tornou evidente os benefícios da fertilização com composto fermentado no crescimento das plantas de cenoura (Figura 7).

Na presença de cobertura morta, a dose de composto fermentado que mais se destacou em relação à TCR foi a de 200 kg de N total ha<sup>-1</sup>. Durante todo o desenvolvimento da cenoura esse tratamento demonstrou uma TCR praticamente constante, com pouca variação, se diferenciando das demais doses utilizadas. Mesmo aos 52 DAD, próximo à colheita, essa dose proporcionou para as plantas de cenoura uma TCR de 0,02 g g<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>, resultado semelhante àquele encontrados por Teófilo et al (2009) em função de análise de crescimento de cultivares de cenoura em sistema convencional de produção, relatando valores de 0,03 g g<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup> aos 56 DAD, na presença de adubação sintética.

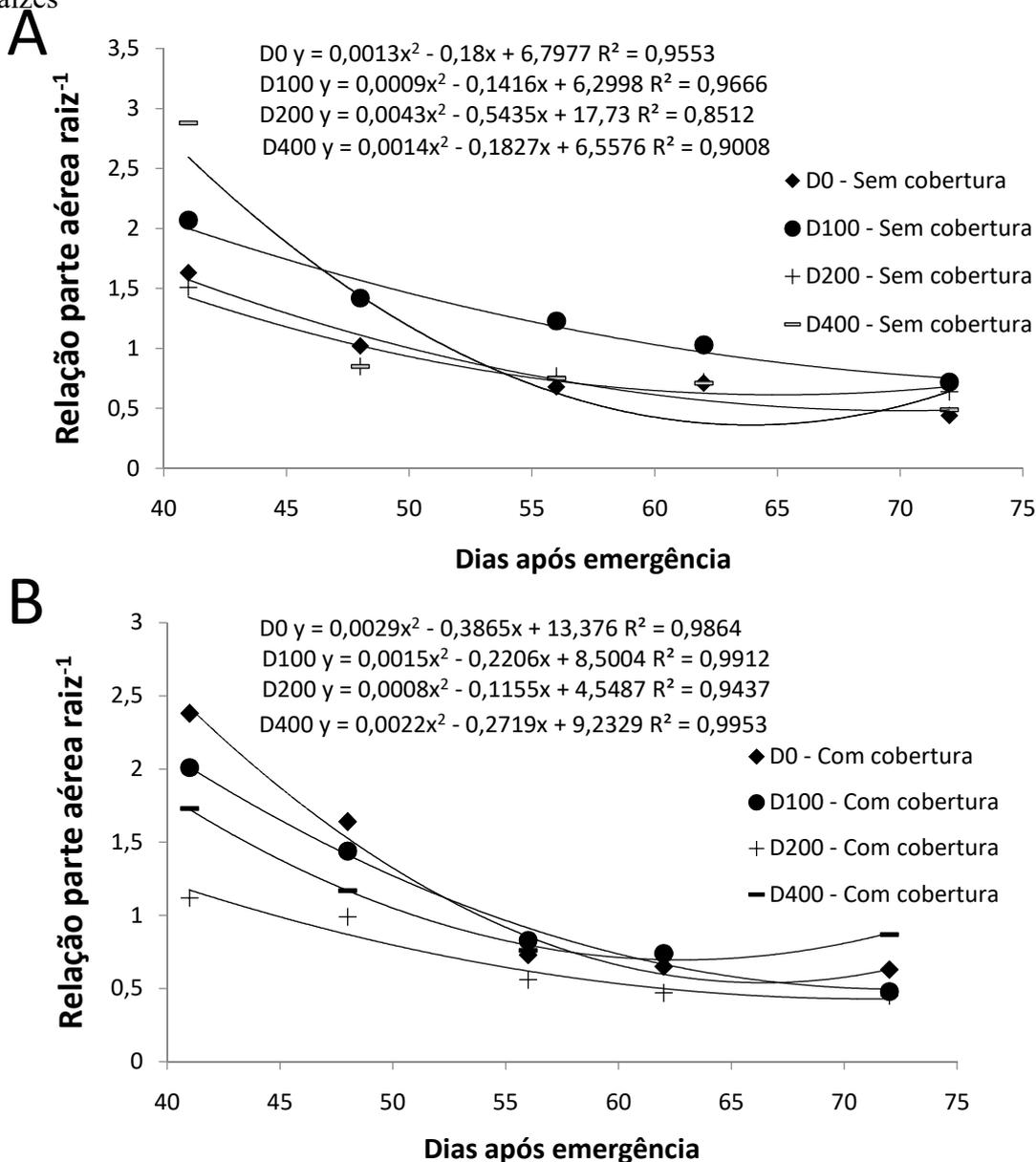
O balanço de fotoassimilados entre parte aérea e as raízes é essencial no desenvolvimento das plantas de cenoura, neste sentido as plantas inicialmente destinam os fotoassimilados à formação das estruturas da parte aérea com vistas à expandir a área foliar, porém, a partir de determinado momento (42 DAS) parte dos fotoassimilados produzidos são destinados às estruturas de reservas (drenos), que no caso da cenoura é a raiz tuberosa. Isto provoca a redução da relação parte aérea/raiz (RPAR) independentemente do nível de fertilização aplicado, bem como a ausência ou presença de cobertura morta.

Na presença de cobertura morta, o menor valor da relação parte aérea/raiz (RPAR) encontrado foi estimada na dose equivalente à 200 kg de N total ha<sup>-1</sup>. Valores baixos de RPAR revelam que a partir de 40 Dias após a emergência (DAE) há maior crescimento das raízes em detrimento da parte aérea, o que permite conjecturar que as plantas direcionaram fotoassimilados tanto para a produção de folhas, mas principalmente para as raízes, do ponto de vista antropocêntrico este processo é importante visto que a raiz é o principal órgão comercializado.

Por ocasião da colheita a dose equivalente à 400 kg de N total ha<sup>-1</sup> proporcionou maior RPAR do que as demais doses aplicadas e a quantidade acumulada de N verificada na parte aérea (Figura 8) permite sugerir que neste nível de fertilização o

balanço de fotoassimilados privilegiou o crescimento da parte aérea em detrimento das

raízes



**Figura 8.** Relação parte aérea raiz (TCR) da cenoura em sistema orgânico de produção em função de doses de composto fermentado. **A** – Ausência de cobertura vegetal morta; **B** – Presença de cobertura vegetal morta.

Considerando os parâmetros avaliados a partir da análise do crescimento, torna-se evidente a influência positiva da utilização de cobertura vegetal morta sobre aspectos funcionais do solo no desenvolvimento da cultura da cenoura submetida ao manejo orgânico, haja vista que os parâmetros analisados (TCC, TCR, TAL, IAF e RPAR) foram indicadores de desempenho superior da cultura nessa prática de manejo.

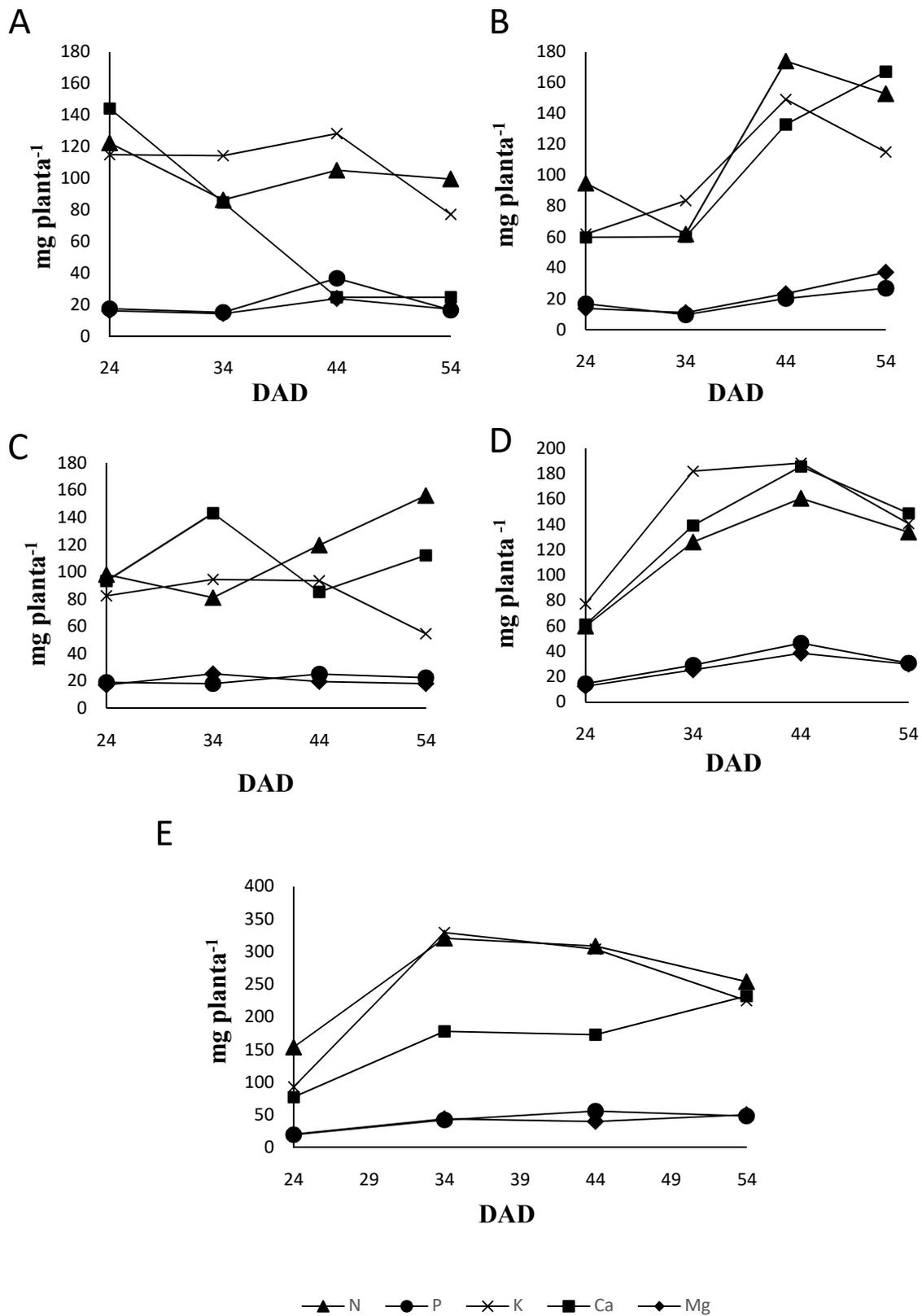
A utilização da cobertura morta também realçou a diferença entre os tratamentos com doses diferentes. Daqueles tratamentos onde foi utilizada a cobertura morta a dose de 200 kg de N total ha<sup>-1</sup> via composto fermentado foi aquela onde as plantas mostraram estratégia de crescimento mais interessante, pensando na produção comercial de raízes.

Conquanto a maior dose de composto aplicada (400 kg de N total ha<sup>-1</sup>) tenha promovido maiores valores de TCC, o comportamento biológico da cultura tendo em vista a produção comercial de raízes, o tratamento equivalente à dose de 200 kg de N total ha<sup>-1</sup> na presença de cobertura vegetal morta se destaca, principalmente no que diz respeito à TAL, a TCR e a RPAR.

A TCR é considerada pelos estudiosos da análise de crescimento vegetal como o parâmetro mais apropriado para a avaliação do crescimento vegetal, pois considera a quantidade de material novo produzido por unidade de material já existente, por unidade de tempo. Esse conceito foi introduzido nos estudos de análise de crescimento vegetal por Blackman (1919), traçando analogia com a taxa financeira de juros compostos, como sendo um índice de eficiência na conversão de matéria seca pelas plantas.

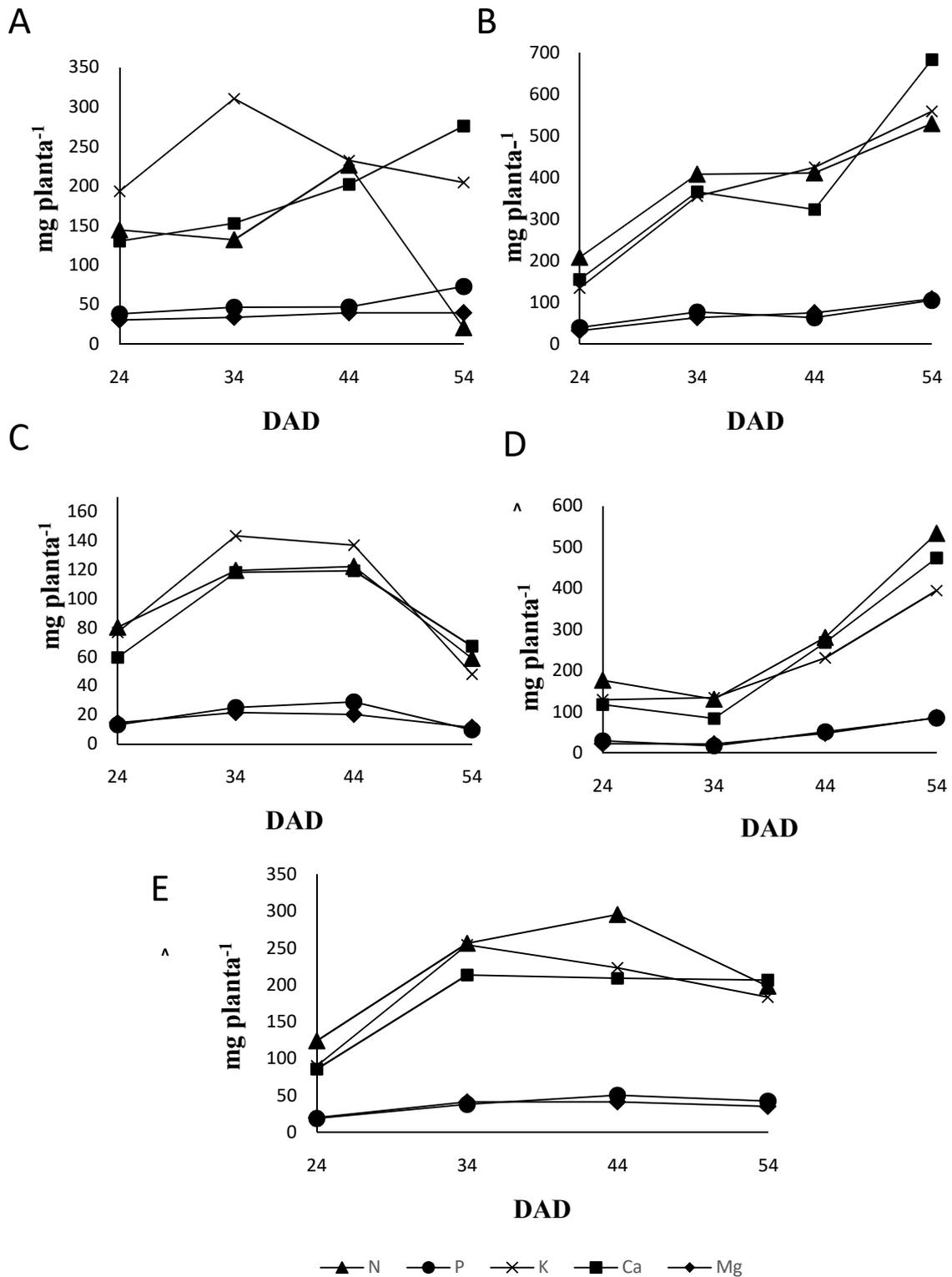
Pelo motivo do produto comercial da cultura da cenoura ser as raízes tuberosas, é interessante que as plantas desenvolvam estratégia onde haja o máximo de translocação de fotoassimilados para as raízes. Nesse sentido, o tratamento com onde foi utilizado a dose de 200 kg de N total ha<sup>-1</sup> via composto fermentado e utilização de cobertura morta se destacou dos demais, apresentando valores crescentes da TAL até a colheita da cenoura e a menor RPAR, indicando uma boa alocação de fotoassimilados e consequente produção de biomassa na raiz.

Tal fato se torna evidente ao analisarmos a quantidade de nutrientes acumulada na parte aérea e raízes da cenoura ao longo de seu desenvolvimento (Figuras 9 e 10). O tratamento equivalente à dose de 400 kg de N total ha<sup>-1</sup> foi o tratamento que apresentou maior acúmulo de N na parte aérea (254 mg planta<sup>-1</sup>), ao passo que o tratamento 200 kg de N total ha<sup>-1</sup>, entre os tratamentos que receberam a aplicação de composto orgânico fermentado, apresentou ao final do ciclo, o menor acúmulo de N na parte aérea (134 mg planta<sup>-1</sup>) e o maior acúmulo de N na raiz (533 mg planta<sup>-1</sup>).



**Figura 9.** Quantidade acumulada de nutrientes na parte aérea de cenoura submetida à manejo orgânico na ausência de cobertura vegetal morta. A- Controle; B – Dose de 50

kg de N ha<sup>-1</sup>; C - Dose de 100 kg de N ha<sup>-1</sup>; D - Dose de 200 kg de N ha<sup>-1</sup>; E - Dose de 400 kg de N ha<sup>-1</sup>.



**Figura 10.** Quantidade acumulada de nutrientes na raiz de cenoura submetida à manejo orgânico na presença de cobertura vegetal morta. A- Controle; B – Dose de 50 kg de N ha<sup>-1</sup>; C - Dose de 100 kg de N ha<sup>-1</sup>; D - Dose de 200 kg de N ha<sup>-1</sup>; E - Dose de 400 kg de N ha<sup>-1</sup>.

### 3.2 Análise agroeconômica da fertilização da sucessão cenoura x bertalha com composto fermentado em dois anos agrícolas consecutivos.

A aplicação da cobertura vegetal morta não influenciou significativamente ( $p < 0,05$ ) o diâmetro médio das raízes de cenoura em nenhum dos dois anos agrícolas avaliados (Tabela 4). Em condições edafoclimáticas semelhantes Santos et al (2011) detectaram efeito no diâmetro das raízes com a aplicação de cobertura morta formada com palhada de espécies leguminosas, ao passo que com a palhada de gramínea o diâmetro não diferiu em comparação ao tratamento representado pela ausência de cobertura morta.

O diâmetro médio das raízes alcançou 3,1 cm, independentemente do fator de estudo cobertura morta, semelhante ao valor reportado por Santos et al. (2011) na presença de cobertura morta formada com a palhada de capim elefante.

**Tabela 4.** Diâmetro médio da raiz de cenoura em sistema de produção orgânica, a partir do emprego de cobertura vegetal morta em dois anos agrícolas nas condições da Baixada Fluminense.

Diâmetro médio raiz cenoura (cm)		
Cobertura morta	Ano agrícola	
	2015	2016
Ausência	3,10 A <sup>1</sup>	3,17 B
Presença	2,92 A	3,11 A
CV (%)	20,89	22,65

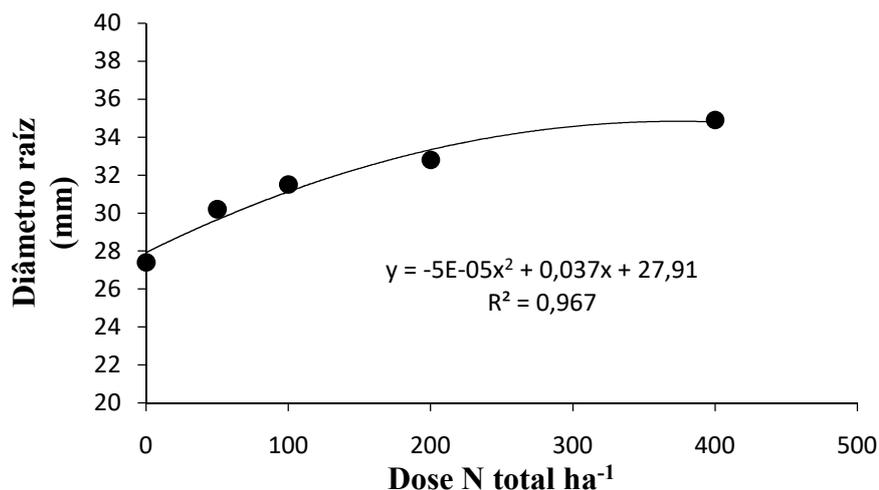
<sup>1</sup>Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Por outro lado, a aplicação do composto fermentado promoveu aumento no diâmetro médio das raízes de cenoura, porém, o efeito foi detectado apenas no segundo ano agrícola (Figura 11). De acordo com o modelo a dose equivalente à 370 kg de N total ha<sup>-1</sup> apresentou o maior diâmetro médio de raiz (4,16 cm), enquanto a dose zero apresentou o menor diâmetro médio (2,74 cm). Há relatos na literatura do aumento do diâmetro de cenouras em função de doses de nutrientes, sendo que aqueles que exercem maior influência no diâmetro de raízes da cenoura é o nitrogênio e o potássio (ZANFIROV et al., 2012; MEHED et al., 2012).

A dose equivalente à 400 kg de N total ha<sup>-1</sup>, também forneceu para as plantas 57 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. Estudos envolvendo a variedade híbrida Bangor mostraram o aumento do diâmetro das raízes em função de doses crescentes de potássio, sendo o valor máximo alcançado de 3,6 cm com a aplicação de 45 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (ZANFIROV et al.,

2012). Em adendo, Mehed et al (2012) relataram aumento do diâmetro das raízes de variedades europeias de cenoura (até 4,3 cm) com a aplicação de 150 kg de N ha<sup>-1</sup> tendo como fonte a ureia.

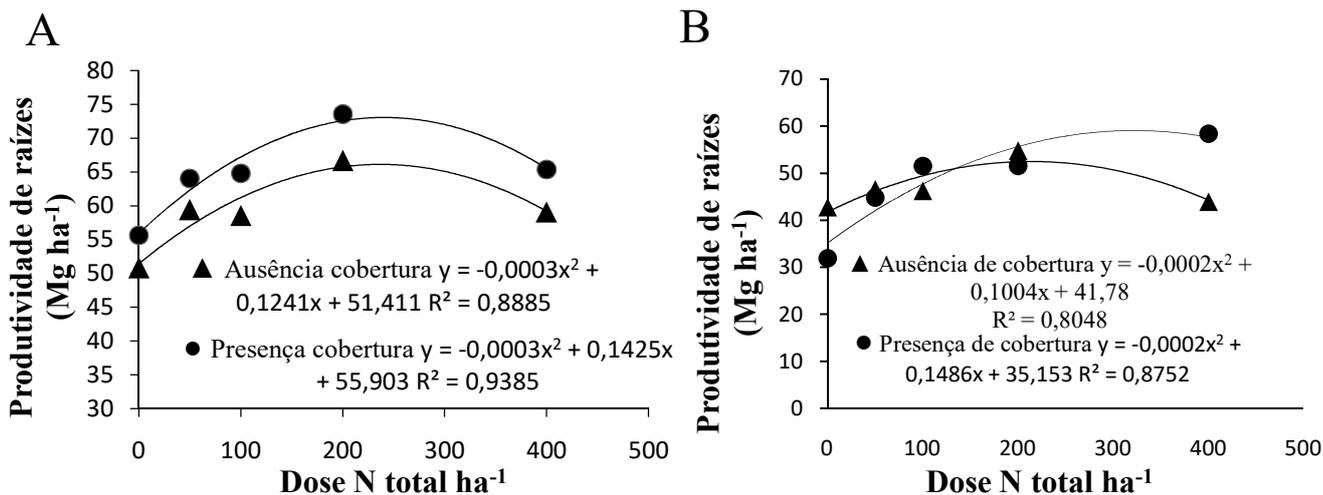
Torna-se relevante salientar no que se refere ao padrão raízes com diâmetro maior do que 5,0 cm e menores do que 2,0 cm. Neste sentido, os valores de diâmetro encontrados a partir de ambos os fatores de estudo (cobertura morta e fertilização com composto fermentado) as enquadram nas medidas comerciais desejadas.



**Figura 11.** Diâmetro de raiz de cenoura submetida ao manejo orgânico em função de doses de composto orgânico fermentado no ano agrícola de 2016.

A produtividade de raízes foi influenciada pelo efeito interativo dos fatores cobertura morta e fertilização com composto orgânico fermentado, nos dois anos agrícolas de estudo (Figura 12). As doses aplicadas do composto foram maximizadas na presença de cobertura morta do solo.

No primeiro ano de observação a dose equivalente à 237 kg de N ha<sup>-1</sup>, na presença de cobertura vegetal morta, ou seja, 628 g de composto fermentado m<sup>-2</sup>, foi aquela que proporcionou a maior produtividade de raízes (72,82 Mg ha<sup>-1</sup>). Nos tratamentos onde não houve aplicação de cobertura vegetal morta a dose equivalente à 206 kg de N ha<sup>-1</sup> (545 g de composto orgânico fermentado m<sup>2</sup>) proporcionou produtividade de cenoura de 64,22 Mg ha<sup>-1</sup>.



**Figura 12.** Produtividade de raiz de cenoura submetida ao manejo orgânico em função de dose de composto orgânico fermentado em dois anos agrícolas. A – ano agrícola de 2015; B – Ano agrícola de 2016.

No segundo ano de experimentação a dose equivalente à 371,5 kg de N total ha<sup>-1</sup>, aliada à presença de cobertura vegetal morta, proporcionou a maior produtividade de raízes (62,7 Mg ha<sup>-1</sup>), com dose equivalente de composto fermentado de 1,04 kg m<sup>2</sup>. A dose de 251 kg de N total ha<sup>-1</sup>, 702 g m<sup>2</sup> de composto orgânico fermentado, foi aquela que teve o melhor desempenho em se tratando de produtividade entre os tratamentos onde não houve aplicação de cobertura vegetal morta, proporcionando a produtividade de raízes de 54,38 Mg ha<sup>-1</sup>.

O padrão observado para as curvas de produtividade de raízes em função das doses aplicadas de composto fermentado, independentemente da ausência ou da presença de cobertura morta, nos dois anos agrícolas, ressalta que a cultura foi beneficiada até determinada dose máxima de composto a partir da qual, mesmo considerando o fato da fertilização ter empregado uma fonte orgânica, houve declínio no rendimento.

O padrão de resposta observado quanto à produtividade de raízes em função das doses aplicadas de composto se deve, possivelmente, ao padrão adaptativo de alocação de fotoassimilados nas plantas de cenoura, já destacado anteriormente no estudo relativo à análise de crescimento desta hortaliça. Verificou-se a partir desta análise que a dose de 400 kg de N total ha<sup>-1</sup> promoveu maior acúmulo de matéria seca (TCC), bem como maior relação parte aérea/raiz (Figuras 4), o que permite conjecturar que a alocação de fotoassimilados entre parte aérea e raízes privilegiou a parte aérea. Isto se torna evidente quando, no primeiro ano de cultivo, observou-se que na dose equivalente a 200 kg de N ha<sup>-1</sup>, o IAF aumentou ao longo do desenvolvimento das plantas, mas se mantendo com

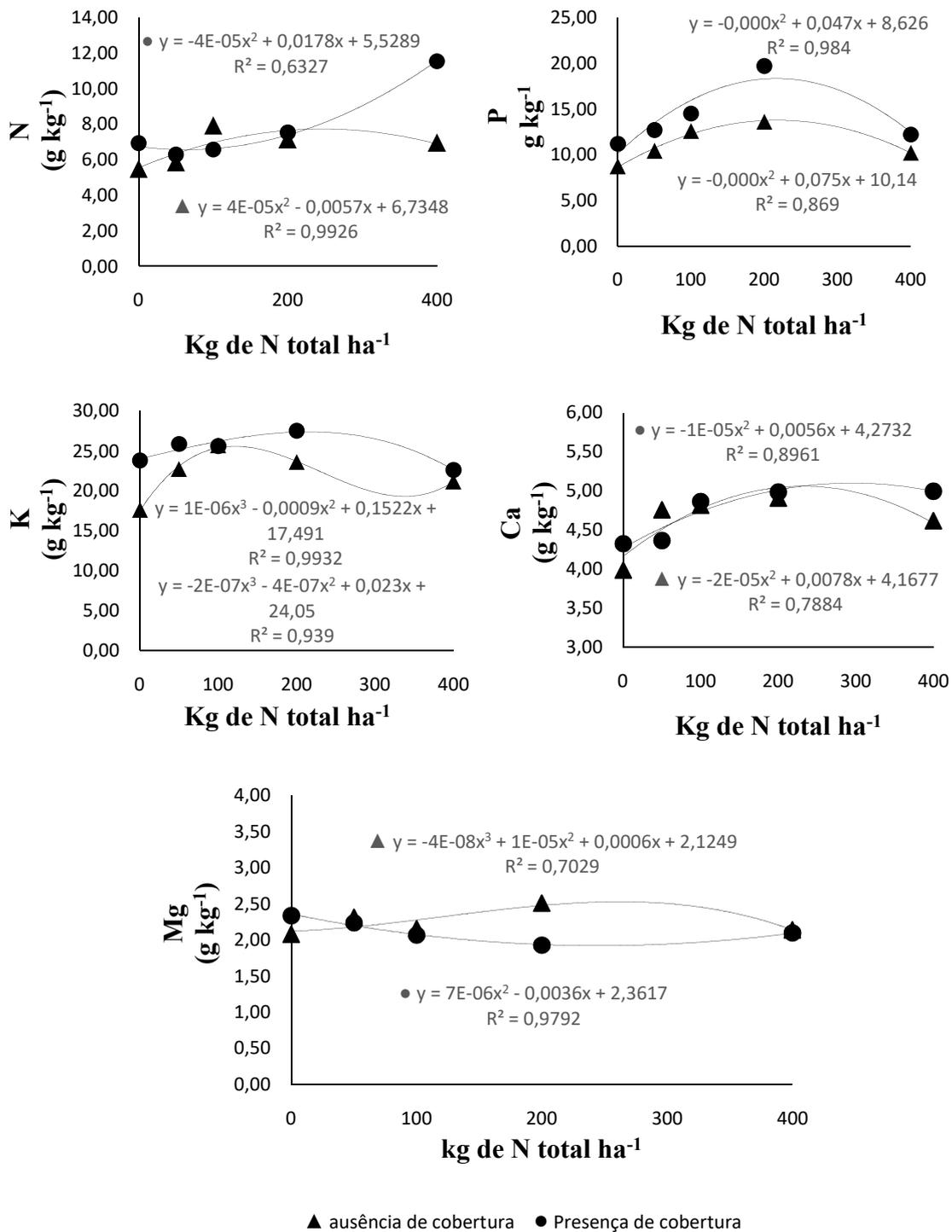
valores abaixo das demais doses, provocando queda da TAL somente ao final do ciclo, o que pode ser atribuído a competição interespecífica por luz.

Possivelmente esse padrão de resposta de produtividade de raízes em função das doses de composto fermentado se deve à estratégia de translocação de fotoassimilados da planta de cenoura, observado na análise de crescimento. Foi verificado na análise de crescimento que a dose de 400 kg de N total ha<sup>-1</sup> proveu para a cultura um maior acúmulo de matéria seca (TCC), mas também uma maior relação parte aérea/raiz, indicando a diferença de translocação de fotoassimilados entre os dois órgãos, ou seja, houve crescimento da cultura, porém o maior montante de fotoassimilados foi direcionado para a formação de parte aérea. Essa estratégia da planta fica evidente quando, no primeiro ano de cultivo, na maior dose de composto fermentado, o IAF apresentou padrão crescente ao longo de todo o desenvolvimento das plantas de cenoura, ocasionando uma menor TAL ao final do ciclo, indicando auto sombreamento.

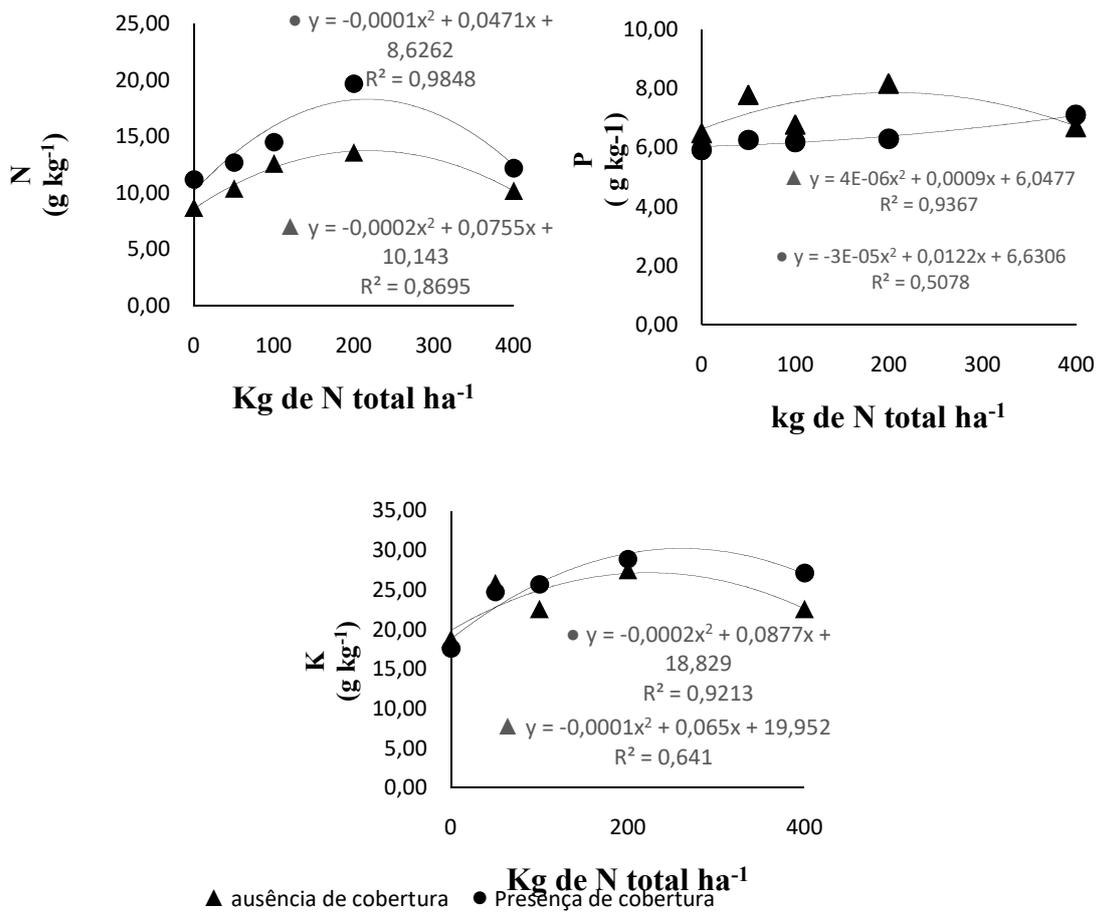
Em geral, os resultados de produtividade total de raízes foram superiores do que aqueles encontrado por Pimentel et al. (2009) ao estudarem o desempenho produtivo da cultura da cenoura à adição de um composto orgânico confeccionado a partir de palhada de capim elefante e esterco bovino em condições edafoclimáticas semelhantes, porém, com doses de N total menores do que no presente estudo. Santos et al (2011) em trabalho também com a cultivar Brasília relataram um valor de produtividade máxima, entre todos os tratamentos, de 36,64 Mg ha<sup>-1</sup>, com adição de 100 kg de N total ha<sup>-1</sup>, via esterco bovino com efeito adicional de cobertura vegetal morta feita com leguminosa, em um sistema de produção orgânico em condições edafoclimáticas semelhantes.

No primeiro ano de cultivo os teores dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg na raiz foram influenciados pela interação entre cobertura do solo e doses de composto fermentado, obtendo o maior acúmulo aqueles tratamentos onde foi aplicada cobertura vegetal morta (Figura 13).

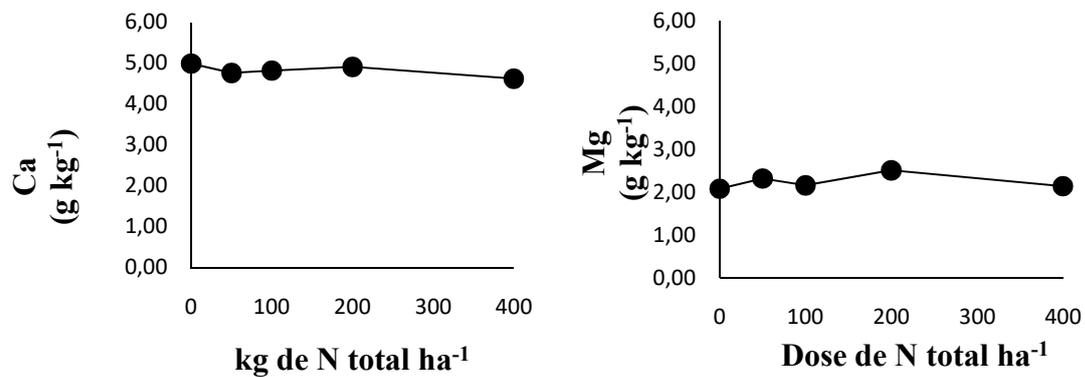
No segundo ano de experimentação os teores de N, P e K foram influenciados pela interação entre adubação com composto orgânico fermentado e aplicação de cobertura vegetal morta. Os teores de Ca e Mg no tecido vegetal não foram influenciados pela interação, tendo sofrido influência das doses de composto orgânico fermentado (Figura 14).



**Figura 13.** Teores de nutrientes na raiz de cenoura submetida à manejo orgânico, na ausência ou presença de cobertura vegetal morta, no ano agrícola de 2015.



**Figura 14.** Teores de N, P, K na raiz de cenoura submetida à manejo orgânico, na ausência ou presença de cobertura vegetal morta, no ano agrícola de 2016.



**Figura 15.** Teores de Ca e Mg na raiz de cenoura, submetida à manejo orgânico, em função de doses de composto orgânico fermentado no ano agrícola de 2016.

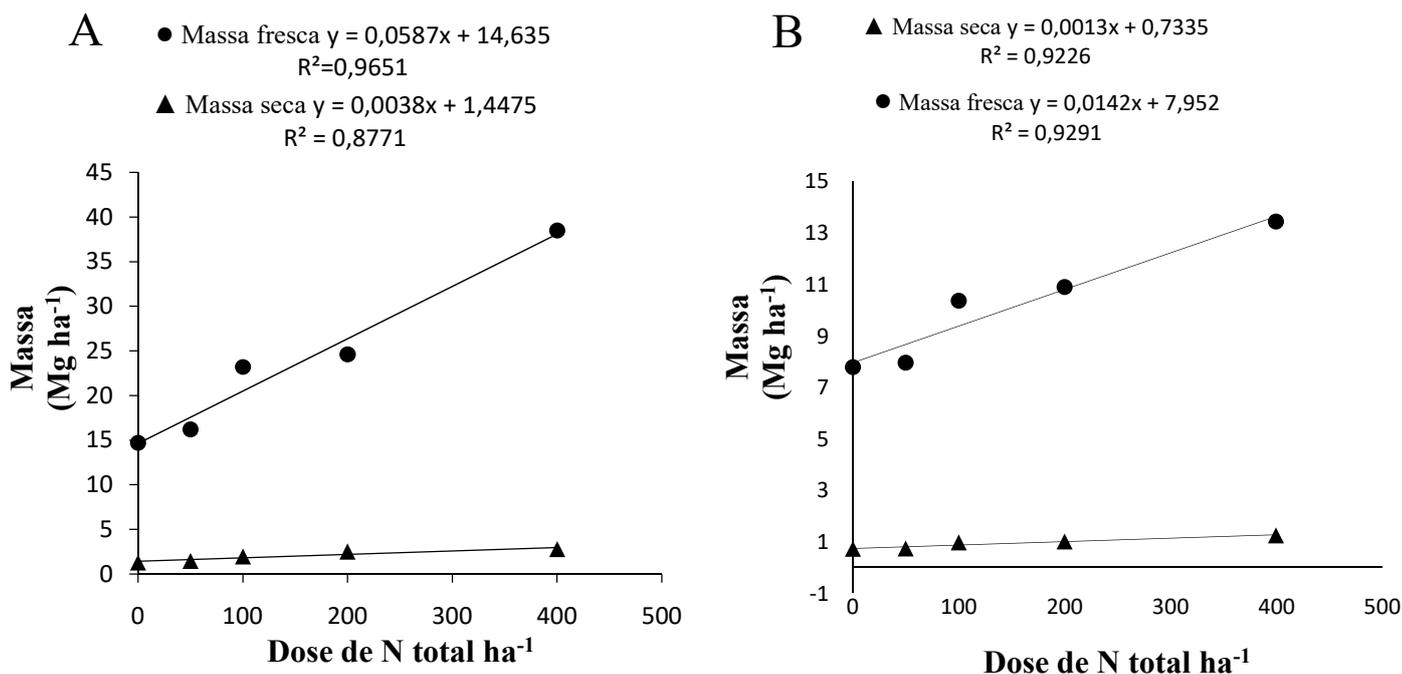
A sucessão cultural com bortalha foi utilizada para detectar possíveis efeitos residuais da fertilização com o composto fermentado. Nos dois anos agrícolas não foram detectados efeitos isolados da aplicação de cobertura morta, bem como de efeito interativo em relação às doses empregadas de composto fermentado no que se refere à produtividade de parte aérea fresca e seca da bortalha (Tabela 5).

**Tabela 5.** Massa fresca e massa seca de bortalha submetida à manejo orgânico em função da ausência ou presença de cobertura vegetal morta em dois anos de cultivo.

Cobertura Morta	Massa fresca (Mg ha <sup>-1</sup> )	Massa seca (Mg ha <sup>-1</sup> )
	Ano agrícola de 2015	
Ausência	24,06 A <sup>1</sup>	1,80 A
Presença	18,80 A	1,60 A
C.V (%)	17	17
Ano agrícola de 2016		
Ausência	10,75 A	1,04 A
Presença	7,90 A	0,76 A
C.V(%)	39	39

<sup>1</sup>Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Distintamente de outros trabalhos conduzidos com hortaliças folhosas (OLIVEIRA et al., 2008; LIMA et al., 2009), presentemente o emprego de cobertura morta não resultou benefício na produtividade da bortalha. Em contrapartida, as produtividades de parte aérea fresca e seca foram influenciadas pela aplicação do composto fermentado (Figura 16). Em ambos os anos agrícolas as produtividades aumentaram linearmente na medida em que foram aumentados os níveis de composto fermentado aplicado, tendo como base o teor de N total contido nesta fonte orgânica.



**Figura 16.** Massa fresca e massa seca de bertalha submetida à manejo orgânico em função do efeito residual da fertilização com composto orgânico fermentado em dois anos de cultivo. **A** – ano agrícola de 2015 e **B** – ano agrícola de 2016.

No primeiro ano de sucessão a dose de 400 kg de N ha<sup>-1</sup> (1,06 kg de composto fermentado m<sup>-2</sup>), utilizada na cultura da cenoura, proporcionou para a cultura da bertalha uma produtividade de 38,5 Mg ha<sup>-1</sup> de folhas e pecíolos (240 gramas planta<sup>-1</sup>), correspondendo a 2,79 Mg de massa seca ha<sup>-1</sup>. No segundo ano agrícola a dose de 400 kg de N total ha<sup>-1</sup> via composto fermentado (1,12 kg de composto fermentado m<sup>-2</sup>) também proporcionou a maior produtividade de folhas e pecíolos, 13,44 Mg de massa fresca ha<sup>-1</sup>, ou seja, 80 gramas planta<sup>-1</sup>. No entanto, é importante ressaltar a produtividade da bertalha em relação a dose ótima observada para a cultura da cenoura, em ambos os anos de cultivo. No ano de 2015 a dose que proporcionou maior produtividade para a cultura da cenoura (237,5 kg de N ha<sup>-1</sup>), de acordo com o modelo, acarretou uma produtividade de 28,57 Mg ha<sup>-1</sup> (170 g planta<sup>-1</sup>) e 2,34 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca. No ano de 2016 a dose ótima para a cultura da cenoura (371,5 kg de N ha<sup>-1</sup>) proporcionou a produtividade de 13,22 Mg ha<sup>-1</sup> (82 g planta<sup>-1</sup>) de massa fresca e 1,84 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca para a cultura da bertalha.

Paiva e Menezes (1989), em trabalho avaliando cultivares de bertalha submetidos à pulverizações foliares semanais de uréia (1%), observaram a produção de massa fresca total de bertalha, efetuado 50 dias após o transplante, de 319,5 gramas por planta (50 Mg ha<sup>-1</sup>) para cultivar INPA-80, 237,7 gramas por planta (38,03 Mg ha<sup>-1</sup>)

para cultivar INPA-81, 306,7 gramas por planta (48 Mg ha<sup>-1</sup>) para cultivar Tatá e 167,2 gramas por planta (26,7 Mg ha<sup>-1</sup>) para a cultivar Calcutá.

A menor produtividade observada no segundo ano de cultivo pode ser atribuída a condições climáticas adversas, visto que o mês de janeiro foi seco no ano de 2017, com impacto inclusive no turno de irrigação. Apesar do contratempo ocorrido no segundo ano agrícola a dependência da produtividade da cultura da beralha em relação à fertilização e, por conseguinte, a disponibilidade de nutrientes no solo, mostrou-se evidente.

Tendo em vista que o produto comercial da beralha são as folhas é importante quantificar a influência dos fatores de estudo na área foliar. Neste sentido, assim como observado para a produtividade de parte aérea, o emprego da cobertura morta não promoveu alteração na área foliar total (Tabela 6).

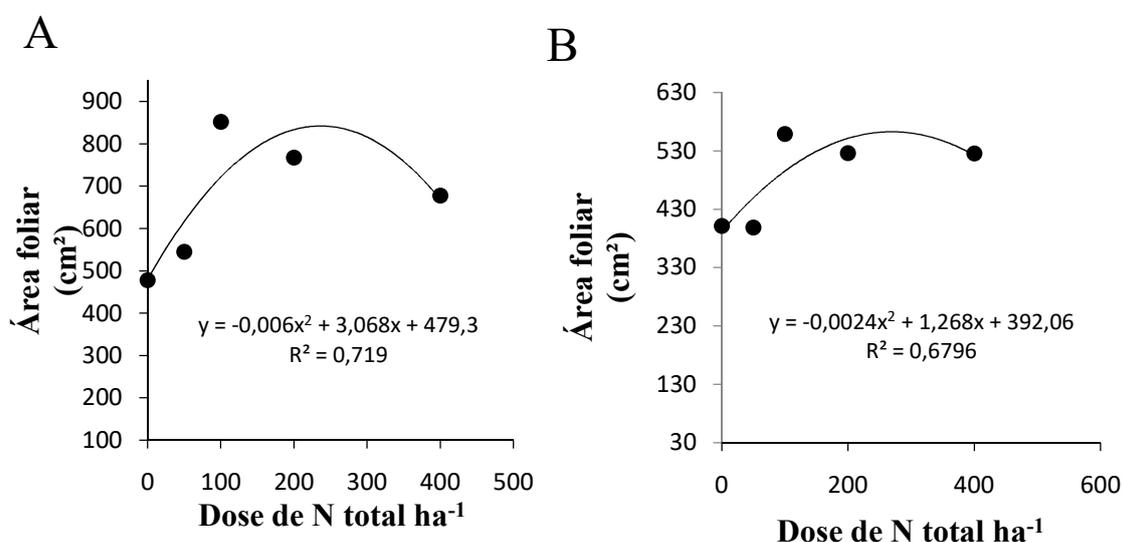
**Tabela 6:** Área foliar de beralha submetida à manejo orgânico em função da ausência ou presença de cobertura vegetal morta em dois anos de cultivo.

Cobertura Morta	Área foliar de beralha	
	Área foliar (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )	Área foliar (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )
	Ano agrícola	
	2015	2016
Presença	656,52 A <sup>1</sup>	565,6 A
Ausência	665,87 A	570,9 A
<b>C.V(%)</b>	29,6	22,1

<sup>1</sup>Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey (p ≤ 0,05).

Todavia, deve-se destacar que a área foliar da cultura da beralha, nos dois anos agrícolas de estudo foi influenciada pela dose aplicada de composto fermentado na cultura da cenoura, evidenciando o efeito residual da fertilização no aparato fotossintético desta espécie. No ano agrícola de 2015 a dose equivalente à 236,03 kg de N ha<sup>-1</sup>, aplicada no cultivo antecessor, proporcionou a maior área foliar para as plantas de beralha (796 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>), em relação ao ano de 2016 a dose ótima para a cultura da cenoura (371,5 kg de N ha<sup>-1</sup>) proporcionou área foliar média de 620 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>.

Campos et al (2012), em estudo com propagação de bertalha cultivada com substrato comercial de mudas em estufa, identificou área foliar máxima de plantas propagadas através de estacas de  $450 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ , aos 102 dias após o transplantio. Mondal et al (2011) investigando o efeito da aplicação de quitosana em folhas de bertalha (*Basella alba*) encontrou área foliar máxima de  $648 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$  e mínima de  $524 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ , com dose máxima de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de uma mistura de ureia e superfosfato triplo em estudos conduzidos na Índia. A área foliar máxima observada mediante o efeito residual da aplicação de composto orgânico fermentado ( $796 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ ) foi maior do que o observado por esses pesquisadores para a mesma espécie.

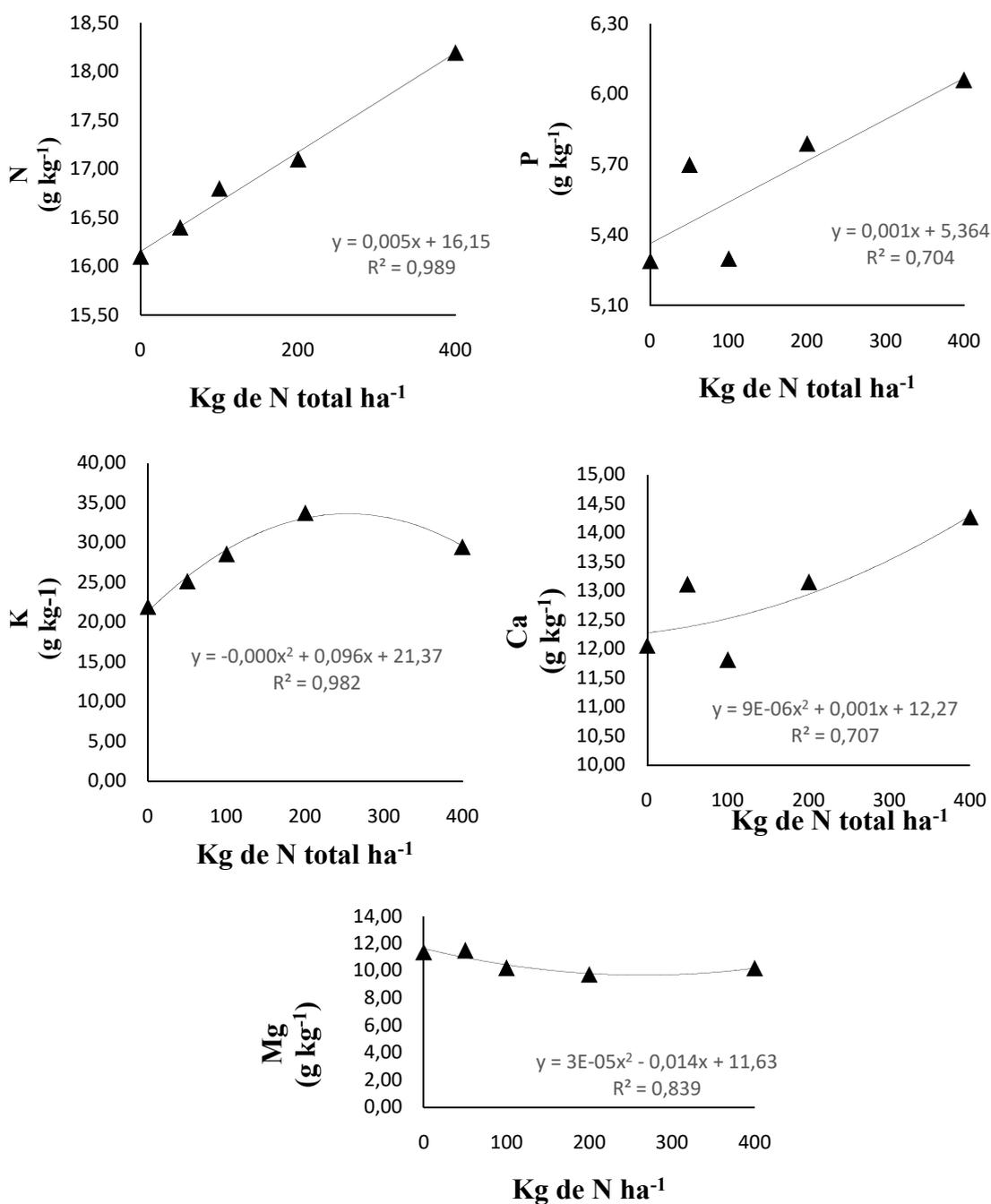


**Figura 17.** Valores de área foliar de bertalha submetida a manejo orgânico em função do efeito residual da fertilização com composto orgânico fermentado em dois anos de cultivo. **A**- Ano agrícola de 2015 e **B** – ano agrícola de 2016.

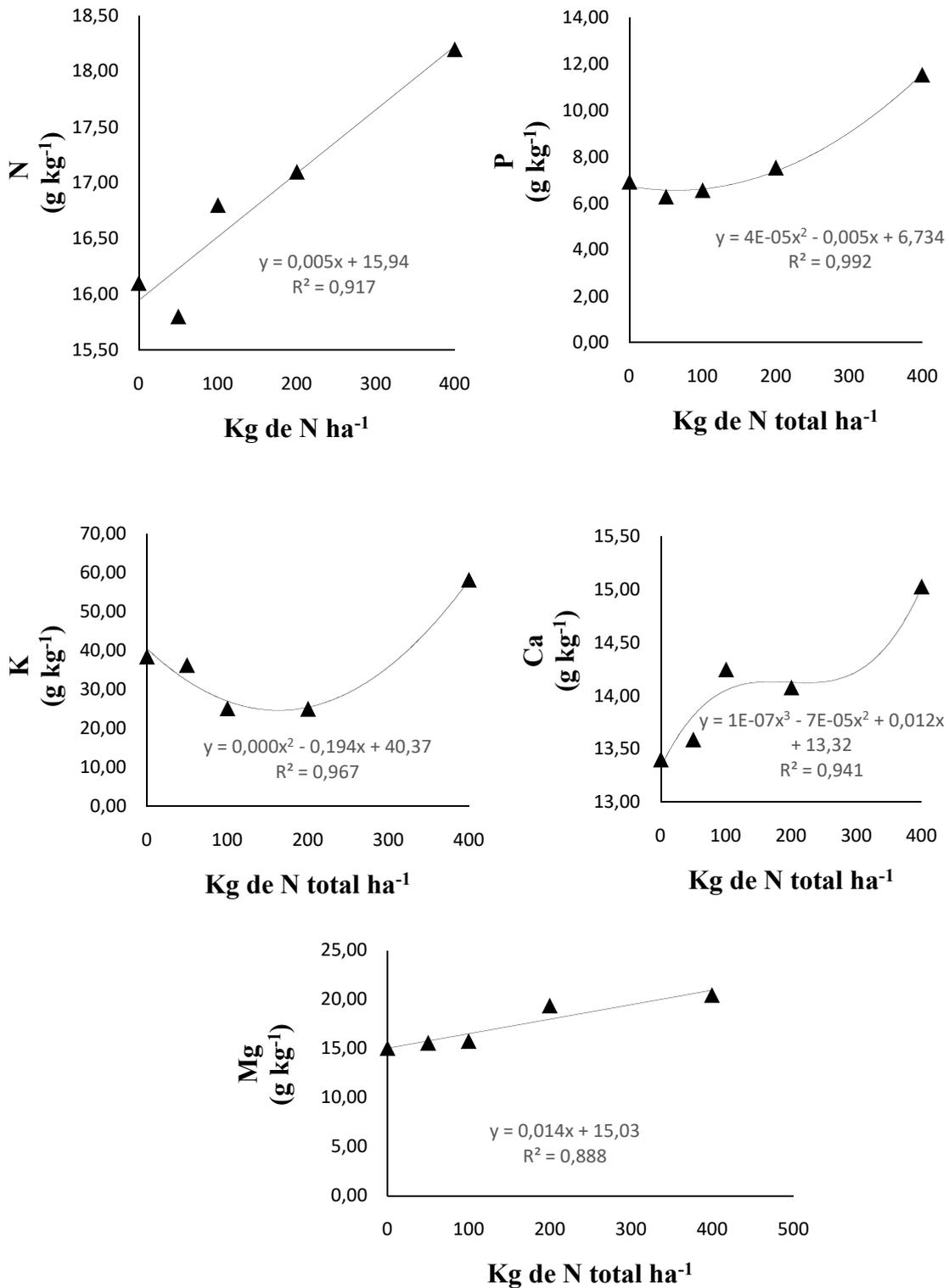
O efeito residual das doses de composto orgânico fermentado influenciou o teor de nutrientes acumulado no tecido foliar da cultura da bertalha em ambos os anos de experimentação. No ano de 2015 os teores de N, P e Ca acompanharam a reta de produtividade em respostas às maiores doses de composto fermentado utilizadas. A concentração de K e Mg no tecido vegetal decresceram em função das maiores doses de composto orgânico fermentado e do aumento da produtividade da hortaliça (Figura 18).

No segundo ano de cultivo os teores de N, P, Ca e Mg aumentaram em função das doses de composto fermentado. Em contrapartida os teores de K no tecido foliar apresentaram padrão de parábola inversa com ponto de concentração mínimo na dose equivalente à  $161,75 \text{ kg de N total ha}^{-1}$ . Donald et al. (1983) em estudo para avaliar a deficiência nutricional em plantas de bertalha relatam a importância do nutriente K para

a formação das folhas sendo aquele que mais afetou o desenvolvimento da parte aérea juntamente com o N. No segundo ano de cultivo a curva de resposta estimada da concentração de K, em função das doses de composto fermentado, apresentou o padrão polinomial de terceiro grau, com decréscimo nos teores até a dose de 161,75 kg de N ha<sup>-1</sup> para em seguida apresentar um aumento de 340% em relação ao ponto de mínima (Figura 19).



**Figura 18.** Concentração de nutrientes na parte aérea de bertalha submetida à manejo orgânico em sucessão com a cultura da cenoura no ano agrícola de 2015.



**Figura 19.** Concentração de nutrientes na parte aérea de bertalha submetida à manejo orgânico em sucessão com a cultura da cenoura no ano agrícola de 2016.

É necessário, no entanto, a abordagem econômica da fertilização com composto orgânico fermentado do binômio cenoura x bertalha para que a tomada de decisão entre utilizar ou não esse tipo de adubo, por técnicos e agricultores, tenha embasamento

econômico financeiro. Para isso foi realizada a análise de viabilidade econômica da sucessão cenoura x bertalha com vistas à fertilização com o composto fermentado na realidade dos agricultores da cidade de Seropédica-RJ.

Os valores tomados como base e utilizados para o cálculo dos custos de produção, em cada ano de cultivo, foram levantados na cidade de Seropédica-RJ à época dos experimentos. Pelo motivo de todo o trabalho ter sido desenvolvido tendo em vista a realidade do produtor de base familiar, todos os fatores da análise econômica foram calculados por hectare, mas também por metro quadrado. Para efeito do cálculo dos cenários de comercialização e dos aferidores agroeconômicos foram utilizadas as doses ótimas de composto orgânico fermentado observadas para a cultura da cenoura em cada ano de cultivo, na ausência ou presença de cobertura vegetal morta.

No primeiro ano de cultivo da cenoura a atividade que mais onerou o custo de produção foi o custo relativo à utilização do composto fermentado, 48% e 44% do custo total na ausência e na presença de cobertura vegetal morta, respectivamente, seguido pelos valores referentes à mão de obra para desbaste, compra de semente e confecção de cobertura vegetal morta quando utilizada (Tabela 7).

**Tabela 7.** Custo de produção da cultura da cenoura submetida ao manejo orgânico em função de doses de composto orgânico fermentado na ausência ou presença de cobertura vegetal morta no ano agrícola de 2015.

<b>Custo de produção cenoura</b>				
<b>Ano agrícola de 2015</b>				
<b>Atividade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Preço unidade<sup>-1</sup> (R\$)</b>	<b>Custo m<sup>-2</sup> (R\$)</b>	<b>Custo ha<sup>-1</sup> (R\$)</b>
<b>Ausência de cobertura morta</b>				
Composto fermentado <sup>1</sup>	kg	1,25	0,68	6862,50
encanteiramento	Hora máquina <sup>-1</sup>	90,00	0,03	270,00
sementes	kg	42,50	0,24	2380,00
desbaste	Diária	60,00	0,28	2760,00
capinas	Diária	60,00	0,06	600,00
colheita	Diária	60,00	0,12	1200,00
Taxa da feira orgânica	Semana	45,00	0,01	180,00
Frete	km	0,57	0,01	42,75
<b>Total dose ótima</b>			1,43	14295,30
<b>Total controle</b>			0,75	7432,35
<b>Presença de cobertura morta</b>				
Composto fermentado <sup>2</sup>	kg	1,25	0,78	7862,5
encanteiramento	Hora máquina <sup>-1</sup>	90,00	0,03	270,00
sementes	kg	42,50	0,24	2380,00
desbaste	Diária	60,00	0,28	2760,00
capinas	Diária	60,00	0,06	600,00
colheita	Diária	60,00	0,06	600,00
Triturador tratorizado	Hora máquina <sup>-1</sup>	62,50	0,16	1562,50
Taxa da feira orgânica	Semana	45,00	0,02	180,00
Frete	km	0,57	0,01	42,75,00
<b>Total dose ótima</b>			1,63	16257,80
<b>Total controle</b>			0,84	8395,25

<sup>1</sup>0,549 kg m<sup>-2</sup> de composto fermentado; <sup>2</sup>0,629 kg m<sup>-2</sup> de composto fermentado

Não foi observado variação no custo de produção da beralha entre os dois anos de cultivo (Tabela 8). Nos dois anos agrícolas, a mão de obra para o plantio foi a atividade que mais contribuiu para a elevação do custo de produção da beralha, seguida pelo custo da mão de obra para a atividade de capina.

**Tabela 8:** Custo de produção da cultura da beralha no ano agrícola de 2015 e 2016.

Custo de produção da beralha				
Atividade	Unidade	Preço unidade <sup>-1</sup> (R\$)	Custo/m <sup>2</sup> (R\$)	Custo ha <sup>-1</sup>
<b>Ano agrícola de 2015</b>				
Mão de obra formação de mudas	Diária	60,00	0,09	900
Adubação <sup>1</sup>	kg	-	-	-
BT - Produto	litro	65,00	0,01	100
Aplicação de <i>Bacillus thuringiensis</i>	Diária	60,00	0,06	600
plantio	Diária	60,00	0,34	3400
capinas	Diária	60,00	0,12	1200
Frete	Km	0,57	0,01	42,75
colheita	Diária	60,00	0,06	600
<b>Custo Total beralha</b>			0,68	6800
<b>Ano agrícola de 2015</b>				
Mão de obra formação de mudas	Diária	60,00	0,09	900
Adubação	kg	-	-	-
BT - Produto	litro	65,00	0,01	100
Aplicação de <i>Bacillus thuringiensis</i>	Diária	60,00	0,06	600
plantio	Diária	60,00	0,34	3400
capinas	Diária	60,00	0,12	1200
Frete	Km	0,57	0,01	42,75
colheita	Diária	60,00	0,06	600
<b>Custo Total beralha</b>			0,68	6800

<sup>1</sup>Custo da adubação não computado devido ao uso do efeito residual da adubação da cultura que antecedeu o cultivo

No segundo ano de cultivo da cenoura a única variação em relação ao primeiro ano foi a quantidade de composto fermentado utilizada na dose ótima, o que refletiu diretamente no custo da adubação, representando 54% e 57% do custo de produção na ausência e na presença de cobertura vegetal morta, respectivamente (Tabela 9).

Quando comparado o custo de produção para a cultura da cenoura, adubada com composto orgânico fermentado em sua dose ótima observada, a utilização da cobertura vegetal morta aumentou o custo de produção em 9,6% no ano de 2015 e 7,3% no ano de 2016, promovendo um incremento de produtividade de 13% e 15% nos anos de 2015 e 2016, respectivamente.

Em relação aos cultivos sem a aplicação de composto orgânico fermentado, em ambos os anos agrícolas, a utilização da cobertura aumentou em 12% o custo de produção e incrementou a produtividade no primeiro ano em 9,5%, porém, no segundo ano o tratamento com cobertura vegetal morta apresentou uma queda de 25% na

produtividade de raízes quando comparado com a produtividade do tratamento onde não foi aplicada a cobertura vegetal morta.

**Tabela 9.** Custo de produção da cultura da cenoura submetida ao manejo orgânico em função de doses de composto orgânico fermentado na ausência ou presença de cobertura vegetal morta no ano agrícola de 2016.

<b>Custo de produção cenoura</b>				
<b>Ano agrícola de 2016</b>				
<b>Atividade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Preço unidade<sup>-1</sup> (R\$)</b>	<b>Custo m<sup>-2</sup> (R\$)</b>	<b>Custo ha<sup>-1</sup> (R\$)</b>
<b>Ausência de cobertura morta</b>				
Composto fermentado <sup>1</sup>	kg	1,25	0,87	8775,00
encanteiramento	Hora máquina <sup>-1</sup>	90,00	0,03	270,00
sementes	kg	42,5	0,24	2380,00
desbaste	Diária	60,00	0,28	2760,00
capinas	Diária	60,00	0,06	600,00
colheita	Diária	60,00	0,12	1200,00
Taxa da feira orgânica	Semana	45,00	0,02	180,00
Frete	km	0,57	0,005	42,75
<b>Total dose ótima</b>			1,62	16207,75
<b>Total controle</b>			0,75	7432,75
<b>Presença de cobertura morta</b>				
Composto fermentado <sup>2</sup>	kg	1,25	1,29	12975,00
encanteiramento	Hora máquina <sup>-1</sup>	90,00	0,03	270,00
sementes	kg	42,5	0,24	2380,00
desbaste	Diária	60,00	0,28	2760,00
capinas	Diária	60,00	0,06	600,00
colheita	Diária	60,00	0,06	600,00
Triturador tratorizado	Hora máquina <sup>-1</sup>	62,50	0,16	1562,50
Taxa da feira orgânica	Semana	45,00	0,02	80,00
Frete	km	0,57	0,005	42,75
<b>Total dose ótima</b>			2,15	21370,25
<b>Total controle</b>			0,85	8395,25

<sup>1</sup>0,702 g m<sup>-2</sup> de composto fermentado; <sup>2</sup>1,038 g m<sup>-2</sup> de composto fermentado

Tendo em vista o índice de lucratividade, no primeiro ano agrícola, quando comparado o cenário de venda na feira de produtores orgânicos, houve equivalência do indicador entre os cultivos com a utilização de composto orgânico fermentado e aqueles que não receberam a adubação na ausência ou na presença de cobertura vegetal morta. Porém, foi observado um aumento 25% e 29% na receita líquida m<sup>-2</sup> em função da

fertilização com composto orgânico fermentado na ausência e presença da cobertura vegetal morta, respectivamente (Tabela 10).

Quando comparado os rendimentos econômicos da cultura da cenoura tendo em vista o preço pago no mercado atacadista, 544% menor do que o preço da feira de produtores orgânicos, a utilização do composto orgânico fermentado, na ausência ou presença de cobertura vegetal morta, apresentou um índice de lucratividade 5% menor do que o controle, mas com rendimento líquido  $m^{-2}$  19% e 23% maiores do que o controle na ausência e na presença de cobertura vegetal morta, respectivamente.

**Tabela 10.** Indicadores agroeconômicos do cultivo de cenoura no ano agrícola de 2015 submetida ao manejo orgânico, na presença ou ausência de cobertura morta, em dois cenários de comercialização no estado do Rio de Janeiro.

Indicadores agroeconômico do cultivo da cenoura							
Ano agrícola de 2015							
Tratamento	Custo de produção $ha^{-1}$ (R\$)	Produtividade (Mg $ha^{-1}$ )	<sup>1</sup> RB $ha^{-1}$ (R\$)	<sup>2</sup> RL $ha^{-1}$ (R\$)	<sup>3</sup> RB $m^{-2}$ (R\$)	<sup>4</sup> RL $m^{-2}$ (R\$)	<sup>5</sup> IL (%)
<b>Feira de produtores orgânicos</b>							
<b>Ausência de cobertura</b>							
Controle	7.432,75	50,80	406.400,00	398.967,25	40,64	39,90	98
Dose ótima	14.295,25	64,22	513.760,00	499.464,75	51,38	49,95	97
<b>Presença de cobertura</b>							
Controle	8.395,25	55,64	445.120,00	436.724,75	44,51	43,67	98
Dose ótima	16.257,75	72,82	582.560,00	566.302,25	58,26	56,63	97
<b>Atacado de produtos vegetais</b>							
<b>Ausência de cobertura</b>							
Controle	7.432,75	50,80	74.676,00	67.243,25	7,47	6,72	90
Dose ótima	14.295,25	64,22	94.03,40	801.08,15	9,44	8,01	85
<b>Presença de cobertura</b>							
Controle	8.395,25	55,64	81.790,80	73.395,55	8,18	7,34	90
Dose ótima	16.257,75	72,82	107.045,40	90.787,65	10,70	9,08	85

<sup>1</sup>Renda bruta  $ha^{-1}$ ; <sup>2</sup>Renda líquida  $ha^{-1}$ ; <sup>3</sup>Renda bruta  $m^{-2}$ ; <sup>4</sup>Renda líquida  $m^{-2}$ ; <sup>5</sup>Índice de lucratividade.

No ano agrícola de 2016 resultado semelhante foi observado entre a utilização de composto orgânico fermentado e o controle quando comparado o IL, na presença ou ausência de cobertura vegetal morta, em relação ao preço pago pelo quilograma da cenoura na feira de produtores orgânico. No entanto, a receita líquida  $m^{-2}$  observada para os tratamentos onde foi empregado o composto orgânico, **no cenário de**

comercialização na feira orgânica, ocasionou um ganho de 45% e 68% na ausência e na presença de cobertura vegetal morta, respectivamente (Tabela 11).

Quando avaliado os indicadores agroeconômico para o cultivo da cenoura no ano de 2016, em função do preço pago no mercado atacadista, a utilização do composto orgânico fermentado apresentou menores índices de lucratividade na ausência e na presença de cobertura vegetal morta, porém, a utilização do composto fermentado proporcionou um incremento de renda líquida  $m^{-2}$  de 41% na ausência de cobertura vegetal morta e de 61% na presença de cobertura vegetal morta.

**Tabela 11.** Indicadores agroeconômicos do cultivo de cenoura no ano agrícola de 2016 submetida ao manejo orgânico, na presença ou ausência de cobertura morta, em dois cenários de comercialização no estado do Rio de Janeiro.

Indicadores agroeconômico do cultivo da cenoura							
Ano agrícola de 2016							
Tratamento	Custo de produção $ha^{-1}$ (R\$)	Produtividade (Mg $ha^{-1}$ )	<sup>1</sup> RB $ha^{-1}$ (R\$)	<sup>2</sup> RL $ha^{-1}$ (R\$)	<sup>3</sup> RB $m^{-2}$ (R\$)	<sup>4</sup> RL $m^{-2}$ (R\$)	<sup>5</sup> IL (%)
<b>Feira de produtores orgânicos</b>							
<b>Ausência de cobertura</b>							
Controle	7.432,75	42,79	342.320,00	334.887,25	34,23	33,49	98
Dose ótima	16.207,75	62,70	501.600,00	485.392,25	50,16	48,54	97
<b>Presença de cobertura</b>							
Controle	8.395,25	31,90	255.200,00	246.804,75	25,52	24,68	97
Dose ótima	21.370,25	54,38	435.040,00	413.669,75	43,50	41,37	95
<b>Atacado de produtos vegetais</b>							
<b>Ausência de cobertura</b>							
Controle	7432,75	42,79	10.6975,00	99542,25	10,70	9,95	93
Dose ótima	16207,75	62,70	156.750,00	140542,25	15,68	14,05	90
<b>Presença de cobertura</b>							
Controle	8395,25	31,90	79.750,00	71.354,75	7,98	7,14	89
Dose ótima	21370,25	54,38	135.950,00	114.579,75	13,60	11,46	84

<sup>1</sup>Renda bruta  $ha^{-1}$ ; <sup>2</sup>Renda líquida  $ha^{-1}$ ; <sup>3</sup>Renda bruta  $m^{-2}$ ; <sup>4</sup>Renda líquida  $m^{-2}$ ; <sup>5</sup>Índice de lucratividade.

É importante ressaltar que não foi considerado no trabalho as perdas (descartes) inerente à danos mecânicos, raízes rachadas, raízes defeituosas e fora do padrão comercial, sendo considerada a produção total estimada para a cultura da cenoura. Lana et al. (2002), estimaram a porcentagem de perdas pós-colheita avaliando a dinâmica de compra do mercado varejista na cidade de Brasília relatando que cerca de 51% das cenouras recebidas no supermercado apresentavam algum tipo de dano, sendo os mais

importantes defeitos o formato, o dano mecânico e a murcha, sendo passíveis de descarte.

Para a cultura da bortalha, nos dois anos de cultivo, os indicadores agroeconômicos foram estimados tendo em vista a produtividade de massa fresca (parte aérea) do controle (sem adubação) e do efeito residual das doses ótimas, estimadas pelo modelo matemático, aplicadas na cultura da cenoura. Para o cálculo dos indicadores agroeconômicos da cultura da bortalha não foi considerada a aplicação de cobertura vegetal morta, haja vista que não foi observada influência desse fator na produtividade da hortaliça em sucessão.

No primeiro ano de cultivo da bortalha o efeito residual da dose ótima de composto fermentado aplicado na cultura da cenoura (237,5 kg de N ha<sup>1</sup>) proporcionou um IL 6% em função do preço pago na feira de produtores orgânicos e 7% maior considerando o preço pago pelo quilograma da hortaliça no mercado atacadista. Em termos de renda líquida m<sup>-2</sup>, o efeito residual do composto fermentado propiciou um incremento de 106%, quando comparado o cenário de venda na feira de produtores e 112% em relação ao preço praticado no mercado atacadista (Tabela 12).

No segundo ano agrícola os índices de lucratividade da cultura da bortalha apresentaram-se menores do que quando comparado com o ano de 2015, tal fato se deve à falta de chuva e baixa nos reservatórios de água da Fazendinha Agroecológica Km 47 que acarretou condições adversas ao crescimento da hortaliça, conforme já relatado. Mesmo nessas circunstâncias o efeito residual devido à aplicação de composto fermentado proporcionou renda líquida m<sup>-2</sup> 89% maior do que o controle quando comparado com o preço da feira de produtores orgânicos e um incremento de 100% no valor do indicador quando simulado tendo em vista o preço do mercado.

**Tabela 12.** Indicadores agroeconômicos do cultivo da beralha submetida à manejo orgânico em sucessão com a cultura da cenoura, em dois cenários de comercialização nos anos agrícola de 2015 e 2016.

<b>Aferidores agroeconômico para a cultura da beralha</b>							
<b>Tratamento</b>	<b><sup>1</sup>CP ha<sup>-1</sup> (R\$)</b>	<b>Produtividade (Mg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b><sup>2</sup>RB ha<sup>-1</sup> (R\$)</b>	<b><sup>3</sup>RL ha<sup>-1</sup> (R\$)</b>	<b>RB m<sup>-2</sup> (R\$)</b>	<b>RLm<sup>-2</sup> (R\$)</b>	<b><sup>4</sup>IL (%)</b>
<b>Ano agrícola de 2015</b>							
<b>Feira de produtores orgânicos</b>							
Controle	6800	14,70	58.800,00	52.000,00	5,88	5,20	88
Dose ótima	6800	28,50	114.000,00	107.200,00	11,40	10,72	94
<b>Atacado de produtos vegetais</b>							
Controle	6800	14,70	42.483,00	35.683,00	4,25	3,57	84
Dose ótima	6800	28,50	82.365,00	75.565,00	8,24	7,56	92
<b>Ano agrícola de 2016</b>							
<b>Feira de produtores orgânicos</b>							
Controle	6800	7,78	31.120,00	24.320,00	3,11	2,43	78
Dose ótima	6800	13,22	52.880,00	46.080,00	5,29	4,61	87
<b>Atacado de produtos vegetais</b>							
Controle	6800	7,78	22.484,20	15.684,20	2,25	1,57	70
Dose ótima	6800	13,22	38.205,80	31.405,80	3,82	3,14	82

<sup>1</sup>Custo de produção; <sup>2</sup>Renda bruta ha<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>; <sup>3</sup>Renda líquida m<sup>-2</sup>; <sup>5</sup>Índice de lucratividade

Embora os tratamentos controles tenham demonstrado elevado IL nos cenários observados, devido ao alto rendimento da cultura da cenoura no experimento mesmo sem a aplicação de composto orgânico fermentado e do preço elevado pago pelo quilograma da hortaliça nas feiras de produtores orgânicos. Diante do exposto é possível afirmar que a adoção de práticas como a utilização do composto orgânico fermentado confeccionado a partir de farelos e a aplicação de cobertura vegetal morta, nas condições edafoclimáticas da baixada fluminense, pode elevar o custo de produção da cultura da cenoura, porém o incremento proporcionado pelas práticas permite o produtor atingir um maior rendimento líquido m<sup>-2</sup>.

Em relação à avaliação agroeconômica da beralha em sucessão ao cultivo da cenoura exposto até o momento permiti a visualização do efeito residual da fertilização com composto orgânico fermentado na produtividade da beralha, como também o seu impacto no retorno financeiro da cultura, verificado pelos maiores valores do índice de lucratividade e renda líquida m<sup>-2</sup>.

Segundo Rajj (1991), a lei dos incrementos decrescentes serve de base para a definição da dose mais econômica de um insumo. Quando o valor do aumento em

produção é igual ao custo do insumo (adubo ou corretivo), atinge-se um nível de aplicação acima do qual não se traduz em retorno econômico e que corresponde à chamada dose econômica. Tendo em vista a Lei dos incrementos decrescentes e o intuito de calibrar a simulação dos cenários econômico para o mais próximo possível da realidade dos produtores de base familiar, foi feita a comparação do desempenho agroeconômico do binômio cenoura x beralha, tendo como a base os resultados observados no ano agrícola de 2015, para uma área de cultivo de 200 m<sup>2</sup>. Nessa simulação foi comparado a renda líquida total da sucessão em relação aos preços observado na feira de produtores orgânicos e no comércio atacadista, porém também foi feita comparação entre a dose ótima estimada pelo modelo, na presença de cobertura vegetal morta, e uma dose equivalente à 80% dessa dose ótima (Tabela 13).

**Tabela 13.** Aferidores agroeconômicos da sucessão cenoura x beralha submetidas ao manejo orgânico em função da dose equivalente à dose ótima estimada para a cultura da cenoura no ano de 2015 e dose equivalente à 80% da dose ótima, em dois cenários de comercialização diferente.

<b>Ano agrícola de 2015</b>								
<b>Aferidores agroeconômico da sucessão cenoura x beralha</b>								
	<sup>1</sup> CP ha <sup>-1</sup> (R\$)	CP em 200 m <sup>2</sup>	<sup>2</sup> Prod. (Mg ha <sup>-1</sup> )	Prod. 200 m <sup>-2</sup> (Mgha <sup>-1</sup> )	<sup>3</sup> RB 200 m <sup>2</sup> (R\$)	<sup>4</sup> RL em 200 m <sup>2</sup>	<sup>5</sup> IL (%)	
<b>Dose ótima estimada</b>								
<b>Feira de produtores orgânicos</b>								
cenoura	16.257,80	325,16	72,82	1,46	11.651,20	11.326,04	97	
beralha	6.800,00	136,00	28,50	0,57	2.280,00	2.144,00	94	
<b>Atacado de produtos vegetais</b>								
cenoura	16.257,8	325,16	72,82	1,46	2.140,91	1.815,75	85	
beralha	6800,00	136,00	28,50	0,57	1.647,30	1.511,30	92	
<b>Total feira de produtores</b>							<b>13470,04</b>	
<b>Total mercado atacadista</b>							<b>3327,05</b>	
<b>80% da dose ótima</b>								
<b>Feira de produtores orgânicos</b>								
cenoura	12.682,80	253,66	62,16	1,24	9.945,60	9.691,95	97	
beralha	6800,00	136,00	25,70	0,51	2.056,00	1.920,00	93	
<b>Atacado de produtos vegetais</b>								
cenoura	12.682,80	253,66	62,16	1,24	1.827,50	1.573,85	86	
beralha	6800,00	136,00	25,70	0,51	1.485,46	1.349,46	91	
<b>Total feira de produtores</b>							<b>11.611,45</b>	
<b>Total mercado atacadista</b>							<b>2923,01</b>	

<sup>1</sup>Custo de produção; <sup>2</sup>Produtividade ha<sup>-1</sup>; <sup>3</sup>Renda bruta m<sup>-2</sup>; <sup>4</sup>Renda líquida m<sup>-2</sup>; <sup>5</sup>Índice de lucratividade.

## 4 CONCLUSÕES

1- A análise funcional do crescimento da cultura da cenoura conduzida em sistema orgânico de produção revela que a Taxa de Crescimento da Cultura (TCC), taxa de Crescimento Relativo (TCR), Taxa de Assimilação Líquida (TAL) e Índice de pArea Foliar (IAF) são influenciados, obedecendo a tendências ajustadas a modelos matemáticos do 1º e do 2º grau, pela aplicação sobre o solo de cobertura morta formada de parte aérea triturada de *Pennisetumpurpureum* associada à fertilização com composto fermentado confeccionado a partir da mistura de farelo de trigo e de mamona.

2- É identificado efeito interativo na produtividade e na acumulação de macronutrientes nas raízes de cenoura, conduzida em sistema orgânico, com a aplicação de cobertura morta formada de parte aérea triturada de *Pennisetumpurpureum* associada à fertilização com composto fermentado, sendo os maiores valores detectados na presença de cobertura morta sobre o solo.

3- Efeito residual da fertilização com composto fermentado no cultivo da cenoura é detectado no ciclo em sucessão de bertalha conduzido em sistema orgânico tanto no nível da área foliar quanto da produtividade desta hortaliça folhosa.

4- O rendimento econômico líquido da sucessão cultural cenoura-bertalha é positivamente influenciado pela aplicação de cobertura morta e pela fertilização com composto fermentado, sendo os maiores valores auferidos quando a comercialização se dá de forma direta em um cenário de feira orgânica no município do rio de janeiro em detrimento da comercialização no mercado atacadista convencional.

## **CAPÍTULO II**

### **MENSURAÇÃO DE INDICADORES BIOLÓGICOS À PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE COBERTURA MORTA VEGETAL E A FERTILIZAÇÃO COM COMPOSTO FERMENTADO**

# 1 INTRODUÇÃO

Compostos fermentados podem ser inoculados com uma gama de microrganismos ditos eficientes e mais conhecidos pela sua sigla em língua inglesa E.M - Efficient Microorganism. Entre os benefícios da fertilização com compostos fermentados inoculados é a introdução de microrganismos no solo, particularmente aqueles que podem estimular o crescimento vegetal e propiciar condições favoráveis à vida do solo e contribuir sobremaneira à nutrição vegetal e à supressividade de patologias adquiridas do solo.

O solo, em seu estado natural, encontra-se coberto pela vegetação, que o protege do processo erosivo e contribui para manter o equilíbrio entre os fatores relacionados à sua formação e aqueles conduzem à degradação. O rompimento dessa relação provoca comumente alterações no nível das dimensões físicas, químicas e biológicas, de forma sinérgica, porém com velocidades distintas. A prática de utilização da cobertura morta vegetal nos cultivos agrícolas, principalmente no manejo de hortaliças em sistemas orgânicos, tem se mostrado uma técnica importante no controle de plantas espontâneas competidoras. Além de propiciar outros benefícios às plantas cultivadas e à biota edáfica em decorrência da maior conservação da umidade e da redução da amplitude térmica, comum nas zonas tropicais.

A atividade microbiológica inclui as reações metabólicas celulares, suas interações e seus processos bioquímicos mediados ou conduzidos pelos organismos do solo (SIQUEIRA et al.,1994). Dentre os indicadores utilizados para aferir o nível de qualidade do solo aqueles de carácter microbiológico são considerados os mais sensíveis, dados as relações envolvendo a atividade e a diversidade e o crescimento vegetal que levam ao conceito de sustentabilidade dos ecossistemas (DORAN & PARKIN, 1994).

Entre os atributos avaliados nos estudos relativos à caracterização de indicadores biológicos destacam-se a atividade enzimática, a biomassa microbiana, a atividade e a diversidade microbiana (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). As enzimas participam das reações metabólicas intercelulares, responsáveis pelo funcionamento e pela manutenção dos seres vivos, e desempenham papel fundamental atuando como catalisadoras de várias reações que resultam na decomposição de resíduos orgânicos (LEHNINGER, 2002).

Tendo em vista a reconhecida importância dos estudos com vistas à quantificar e qualificar a atividade microbiológica no sentido de melhor compreender os fenômenos naturais que ocorrem no solo a partir da adoção de um protocolo de manejo agrícola baseado na fertilização orgânica, envolvendo a aplicação de composto fermentado e o emprego da cobertura morta, este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da aplicação de um composto fermentado, obtido pela fermentação de farelos vegetais, associado à cobertura morta vegetal em atributos microbiológicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido ao manejo orgânico.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de terra foram coletadas na profundidade de 0 - 0,2m em trabalho experimental, em dois anos agrícolas consecutivos, 2015 e 2016, no SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica - “Fazendinha Agroecológica Km 47”). A Fazendinha Agroecológica do km 47 é um espaço físico destinado ao ensino, à pesquisa e a socialização de conhecimentos e de práticas voltadas à agroecologia e à produção orgânica (ALMEIDA et al., 1998). Sua gestão é compartilhada pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Embrapa agrobiologia e Pesagro-Rio.

O clima da região se se enquadra no tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen. O regime pluviométrico é normalmente caracterizado por períodos de chuvas intensas no verão e estiagem no inverno. A precipitação anual é da ordem de 1300 mm. Apesar das chuvas se concentrarem na primavera e no verão, é comum a ocorrência de “veranicos” (períodos secos) nos meses de janeiro e/ou fevereiro.

A área experimental totalizou 88 m<sup>2</sup>, formada de quatro canteiros de 20 m de comprimento por 1,10 m de largura, levantados com auxílio de roto-encanteiradora tratorizada. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 2006), cuja análise química, realizada segundo a metodologia preconizada pela Embrapa (1997), forneceu os seguintes resultados: pH em água = 6,20; Al<sup>+++</sup> = 0,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>++</sup> = 2,50 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>++</sup> = 1,22 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 196,00 mg dm<sup>-3</sup>; P disponível = 110,87 mg dm<sup>-3</sup>; C=5,90 g kg<sup>-1</sup> e N = 0,76 g kg<sup>-1</sup>.

As amostras, no ano de 2015 e em 2016, foram retiradas 30 dias após a aplicação do composto fermentado. A cobertura morta foi colocada imediatamente após a incorporação do composto fermentado empregando-se uma dose de 2,5 kg de cobertura morta seca m<sup>-2</sup> (Figura 1). O delineamento estatístico adotado foi o de blocos

casualizados (DBC) com quatro repetições e 20 tratamentos distribuídos em esquema fatorial (2x5x2), correspondendo à ausência e presença de cobertura vegetal morta e cinco doses de composto fermentado (0, 5, 10, 20 e 40 kg de N total m<sup>-2</sup>) e dois anos experimentais, 2015 e 2016. Tendo em vista que os compostos apresentaram variações no teor de N nos diferentes anos de estudo, isto resultou em quantidades diferentes de fertilizantes orgânico aplicados.

O composto orgânico fermentado foi F foram procedidas diariamente, logo em seguida a incorporação do composto fermentado.



**Figura 5.** Tratamentos com doses diferentes de composto fermentado; 2 – aplicação de cobertura morta do solo com capim Cameroon.

### 2.1 Preparo do composto fermentado

Para a formulação de composto fermentado utilizado nos experimentos de campo o farelo trigo foi utilizado como fonte de carbono e energia, na proporção de 60%, e a torta de mamona como fonte de nitrogênio na proporção de 40% (SOUZA & RESENDE, 2003). Para 100 kg da mistura (matéria seca) foram adicionados 200 ml de inoculante microbiano ativado (Embiotic®) e água até obter umidade média de 40%. As misturas assim que inoculadas foram mantidas em bombonas de PVC (capacidade volumétrica de 100L), imediatamente seladas e mantidas no galpão durante período de 21 dias. A caracterização química do composto fermentado é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 14.** Teores de C, N, relação C/N e teores de P, K, Ca e Mg de composto orgânico fermentado utilizado nos tratamentos.

Ano	C	N	C:N	g kg <sup>-1</sup>			
				P	K	Ca	Mg
2015	520,5	37,7	13,8	9,5	11,5	3,4	4,7
2016	518,0	35,6	14,5	8,5	10,2	2,8	3,9

## **2.2 Determinação de atributos biológicos e bioquímicos**

### **2.2.1 Carbono da Biomassa Microbiana**

A biomassa microbiana, analisada aos trinta dias após incorporação do composto fermentado, antecedendo o cultivo da cenoura, foi estimada pelo método de fumigação-extração (BROOKES et al.,1985; VANCE et al.,1987; TATE et al.,1988), utilizando-se a relação solo:extrator 1:2,5 e 1 ml de clorofórmio isento de etanol. O conteúdo de carbono dos extratos fumigados e não-fumigados de cada amostra foram quantificados pelo método de Walkley & Black (1934), com adoção do fator de correção 0,33 (SPARLING & WEST, 1988), conforme procedimentos a seguir descritos.

As amostras foram fumigadas a partir da aplicação de 1 ml de clorofórmio, livre de etanol, diretamente sobre o conteúdo de cada frasco, os quais foram imediatamente selados e mantidos por 24 h em ambiente com ausência de luz. Decorrido este período, os frascos foram destampados em capela de exaustão, onde permaneceram até que todo o clorofórmio fosse eliminado (BROOKES et al., 1985; WITT et al., 2000).

Os extratos foram então obtidos pela adição de 50 ml de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,5 mol L<sup>-1</sup>, com pH corrigido entre 6,5 e 6,8, seguindo-se transferência para agitador orbital (220 RPM por 30 min), decantação por 30 min e transferência do líquido para filtro de papel faixa preta acoplado a um funil e a um receptor do extrato, o qual foi selado e mantido no refrigerador por até cinco dias.

Uma alíquota de 8 mL de cada extrato foi transferida para um erlenmeyer de 250 ml, ao qual foram adicionados 2 ml de solução 0,066 mol L<sup>-1</sup> de dicromato de potássio; 5 ml de ácido orto-fosfórico concentrado; e 10 ml de ácido sulfúrico também concentrado. Após resfriamento, foram adicionados mais 70 ml de água deionizada, 4 gotas de difenilamina (1% m/v) em ácido sulfúrico, procedendo-se à titulação com solução 0,033 mol L<sup>-1</sup> de sulfato ferroso amoniacal, com viragem da púrpura para o verde. O carbono extraído das amostras fumigadas (Cf) ou não-fumigadas (Cnf), e o carbono da biomassa microbiana foram estimados pelas equações abaixo, sendo asseguradas, em adendo, quatro repetições em branco.

$Cf \text{ ou } Cnf \text{ (mg C kg solo}^{-1}\text{)} = ((Vb-Va) \cdot N \cdot 0,003 \cdot V1 \cdot 10^6) / MS \cdot V2$ , onde:

Vb (mL) = volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da prova em branco;

Va (mL) = volume gasto na titulação da amostra;

N = normalidade exata do sulfato ferroso amoniacal;

V1 (mL) = volume do extrator utilizado;

V2 (mL) = volume de extrato utilizado na titulação;

0,003 = meq do carbono;

MS (g) = massa equivalente de substrato seco a 105°C.

CBM =  $(C_f - C_{nf})/0,33$  , onde:

0,33 é o valor do fator de correção proposto por Sparling & West (1988).

### 2.2.2 Respiração basal do solo

A taxa de respiração microbiana foi estimada seguindo-se a metodologia descrita por Jenkinson & Powlson (1976). De cada tratamento foram coletadas amostras, divididas em duas sub-amostras de 50 g (base úmida), as quais foram incubadas por cinco dias em frascos de vidro com capacidade de 3 L, juntamente com frascos contendo 10 ml de hidróxido de sódio 1 mol L<sup>-1</sup>, para captura do C-CO<sub>2</sub> respirado. Foram também incubadas quatro provas em branco, que continham apenas o frasco com a solução de hidróxido de sódio.

Decorrido o período de incubação, 2 ml de cloreto de bário (10%) foram adicionados aos frascos com hidróxido de sódio, para precipitação do CO<sub>2</sub> na forma de carbonato, sendo imediatamente selados. O excesso de cloreto de bário foi titulado com solução de ácido clorídrico 0,5 mol L<sup>-1</sup> padronizada, usando-se como indicador duas gotas de fenolftaleína (1% m/v em etanol), com viragem da cor rosa para o branco. A respiração basal (RBS) foi calculada pela equação:  $RBS \text{ (mg C-CO}_2 \text{ kg solo}^{-1} \text{ h}^{-1}) = ((V_b - V_a) \cdot N \cdot 6 \cdot 1000) / MS / T$  , onde:

V<sub>b</sub> (mL) = volume de HCl gasto na titulação da prova em branco; V<sub>a</sub> (mL) = volume gasto na titulação da amostra; N = normalidade exata do HCl; MS (g) = massa seca da amostra a 105°C; T (h) = tempo de incubação em horas.

### 2.2.3 Quociente Metabólico qCO<sub>2</sub>

O quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) é o cálculo da relação entre o CO<sub>2</sub> liberado e o carbono da biomassa microbiana e é usado como indicador da eficiência da comunidade microbiana em incorporar carbono à própria biomassa (ANDERSON & DOMSH, 1990). Assim, quanto maior o índice, menos eficiente seria a comunidade microbiana ativa, indicando que mais CO<sub>2</sub> é perdido para a atmosfera para incorporar cada unidade de carbono à biomassa.

A determinação do quociente metabólico ( $qCO_2$ ) seguiu o procedimento descrito por Anderson & Domsch (1990), com base na razão entre o C respirado por unidade de C microbiano, em determinado intervalo de tempo, conforme a equação:

$$qCO_2 \text{ (mg C-CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g CBM}^{-1}) = \text{RBS} \cdot 1000/\text{CBM}$$

#### **2.2.4 Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína (FDA)**

A atividade microbiológica foi estimada pela técnica da hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) descrita por Dick et al (1996). Para tanto, foram utilizados 1g de solo de cada tratamento acondicionando-se em três erlenmeyers com capacidade para 250 cm<sup>3</sup>, dos quais foram adicionados 20 ml de solução tampão fosfato de sódio (SPB), pH 7,6, sendo os frascos agitados por 15 minutos. Em seguida, foi adicionada uma alíquota de 100 microlitros de solução estoque de diacetato de fluoresceína em dois erlenmeyers rotulados como A, B e nas provas em branco (três). Os erlenmeyers foram agitados durante 120 minutos a 125rpm, após a agitação foram adicionados mais 100 microlitros da solução estoque de diacetato de fluoresceína; os tubos foram agitados levemente por 5 minutos.

Um ml da suspensão sobrenadante foi retirado e adicionado à tubos de ensaio, ao qual foi adicionado 1ml de acetona para paralisar a reação de hidrólise. A suspensão foi centrifugada durante 10 minutos e, em seguida, foi realizada a leitura da densidade ótica em espectrofotômetro no comprimento de onda de 490nm para a determinação da quantidade de fluoresceína hidrolisada. A partir dos valores foi confeccionada uma curva padrão e calculada a quantidade de fluoresceína hidrolisada em cada grama de solo no tempo de 60 minutos.

#### **2.2.5 $\beta$ -glicosidase**

A atividade da  $\beta$ -glicosidase nas amostras de solo foi baseada na determinação colorimétrica do  $\rho$ -nitrofenol-B-D-glicopiranosídeo. As amostras de solo foram transferidas para tubos de ensaios (0,5 g) identificados pelas letras A, B e C. Em seguida foi adicionado 2 ml da solução estoque de tampão universal modificado (MUB), pH 6,0, exceto no tubo de letra C onde foi adicionado 2,5 ml da solução tampão. Foi adicionado 0,5 ml da solução de  $\rho$ -nitrofenol-B-D-glicopiranosídeo nos tubos A, B e nas provas em branco, procedendo-se a agitação em vortex. Os tubos foram colocados em repouso em temperatura de 37° C por 1 hora. Após o repouso em

banho maria foi adicionado 0,5 ml de CaCl<sub>2</sub> 0,5M e 2 ml de solução de Tris(hidroximetil)aminometano 0,1M à pH 12,0 em cada tubo de ensaio.

O conteúdo dos tubos de ensaio fora homogeneizado em vortex e centrifugados a 3.500 rpm por 10 minutos. Foram retiradas alíquotas de 5 microlitros do sobrenadante para realizar a leitura em espectrofotômetro a 410 nm.

### **2.3 Análises estatística**

Os dados obtidos foram submetidos à análises de variância, com significância aferida através do teste F ( $p \leq 0,05$ ). Para comparação das médias, foi empregado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ou análise de regressão em função de variáveis quantitativas. Essas análises foram realizadas utilizando-se os Programas SISVAR®, versão 4.6 (FERREIRA, 2003).

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Carbono da Biomassa Microbiana (CBM), Respiração basal do Solo (RBS) e Quociente Metabólico (qCO<sub>2</sub>).**

Não foram detectadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) decorrentes dos tratamentos representados pelo fator cobertura do solo em relação aos atributos CBM, RBS e qCO<sub>2</sub>. Em contrapartida o CBM e qCO<sub>2</sub> variaram em decorrência do ano agrícola (tabela 2). A quantidade de CBM encontrada no solo é, de certo modo, relacionada à quantidade de carbono a ele adicionada, sendo mais alta em solos com cobertura e com teores mais elevados de argila, e baixa geralmente em solos cultivados, arenosos ou degradados pela erosão ou contaminação (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Estudos da dinâmica do carbono da biomassa microbiana relacionados ao tipo de manejo e de cobertura vegetal morta indicam que a cobertura, no primeiro ano agrícola, pode não ser suficiente para elevar os valores de CBM. Dadalto et al. (2015) ao estudarem a atividade microbiana em solos submetidos a distintos sistemas de preparo, dentre eles o plantio direto e o preparo convencional, não detectaram diferença em decorrência do sistema de preparo no mesmo ano agrícola. Anteriormente Alves et al. (2011) chegaram à mesma conclusão ao compararem a atividade microbiana de um solo com vegetação nativa e solos submetidos a diferentes sistemas de preparo, incluindo o plantio direto e cultivo mínimo.

**Tabela 15.** Valores de carbono da biomassa microbiana, respiração basal do solo e quociente metabólico mediante a aplicação de composto fermentado na presença ou ausência de cobertura morta do solo nos anos de 2015 e 2016.

<b>Atributos Biológicos do solo</b>			
<b>Ano</b>	<b>CBM<sup>1</sup></b> (mg C kg solo <sup>-1</sup> )	<b>RBS<sup>2</sup></b> (mgC-CO <sub>2</sub> kg solo <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	<b>qCO<sub>2</sub><sup>3</sup></b> (mgC- CO <sub>2</sub> h <sup>-1</sup> g CBM <sup>-1</sup> )
2015	141.95 A	1.71 A	12,08 A
2016	183.77 B	1.55 A	8,64 B

Médias seguidas de letras minúsculas iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ). <sup>(1)</sup> CBM: Carbono da Biomassa Microbiana; <sup>(2)</sup> RBS: Respiração Basal do solo; <sup>(3)</sup> qCO<sub>2</sub>: Quociente Metabólico.

No entanto, Silva et al. (2007) encontraram diferença nos valores de CBM em relação ao tipo de cobertura vegetal e épocas de amostragem (anos agrícolas), indicando que no terceiro ano de plantio direto os resultados se diferenciaram do tratamento cujo solo foi submetido ao preparo convencional. Resultado similar foi encontrado por Kandeler et al. (1999), que relataram valores mais altos de CBM em solos submetidos ao cultivo mínimo após três anos de manejo.

Os valores encontrados de CBM no ano agrícola de 2016 foram maiores do que aqueles encontrados no ano de 2015, independentemente a ausência ou da presença de cobertura vegetal morta (Tabela 2). Contudo, deve-se salientar que apesar dos tratamentos com cobertura morta tenham sido mantidos com os resíduos sobre os canteiros quase que de forma permanente, não foi possível identificar o efeito da cobertura morta, haja vista os valores de CBM não diferirem na ausência ou presença. É possível que este efeito não tenha sido percebido em decorrência da estratégia empregada para a amostragem, que foi feita uma única vez em cada ano agrícola e na camada representativa da profundidade efetiva do sistema radicular (0 – 0,2 m). Baretta et al. (2005) observaram que o CBM foi o atributo que mais contribuiu para aferir a dissimilaridade entre diferentes coberturas florestais, mas em cultivos com mais de 20 anos de pinus (*Pinus tecunumanii*), eucalipto (*Eucalyptus grandis*) ou carvoeiro (*Sclerolobium paniculatum*).

Em relação à respiração do solo, que reflete a intensidade dos processos degradativos e pode servir como indicador da dinâmica do carbono, os valores também não diferiram entre os anos agrícolas, sobretudo em decorrência do emprego ou não da cobertura vegetal morta (Tabela 2).

A respiração basal do solo é definida como a soma de todas as funções metabólicas nas quais o CO<sub>2</sub> é produzido e, geralmente, quanto menor o valor da RBS mais eficiente é a incorporação de carbono à biomassa microbiana (SPARLING, 1998). O fato dos valores da RBS não terem variado entre os anos agrícolas, ao contrário do observado para o CBM, suscita a possibilidade de inferir sobre a sua eficiência, em vista dos menores valores de qCO<sub>2</sub> assinalados no 2º ano de cultivo em relação ao 1º ano, bem como sobre a qualidade das comunidades de microrganismos presente no solo, haja vista que os valores de β-glicosidase são menores no 2º ano, o que permite deduzir que houve redução na atividade de microrganismos celulolíticos.

No entanto, é necessário ressaltar o quanto a interpretação dos resultados da RBS podem auxiliar no entendimento do processo de decomposição e de liberação de nutrientes do composto orgânico aplicado. Nesse sentido, Roscoe et al. (2006) reportam que a alta taxa de respiração do solo pode ser interpretada como desejável quando se considera que a decomposição dos resíduos orgânicos irá disponibilizar nutrientes para as plantas. Desta forma, taxas de respiração elevadas podem indicar tanto o distúrbio como também o alto nível de produtividade do agroecossistema.

Quanto ao quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) pode se observar que diferiu quando comparado os dois anos agrícolas, sendo que no segundo ano (2016) os valores foram menores. Para Insam&Domsch (1988) a respiração microbiana por unidade de biomassa microbiana diminui na medida que o manejo está na direção da sustentabilidade. Aparentemente, o microbioma representado pelos microrganismos e habitat atingem um estado de equilíbrio dinâmico quando a utilização de recursos, representada pela assimilação de carbono, é estável em relação às perdas de CO<sub>2</sub> a partir da redução das taxas respiratórias, que resulta maior proporção de C incorporado aos tecidos microbianos com conseqüente diminuição do qCO<sub>2</sub>.

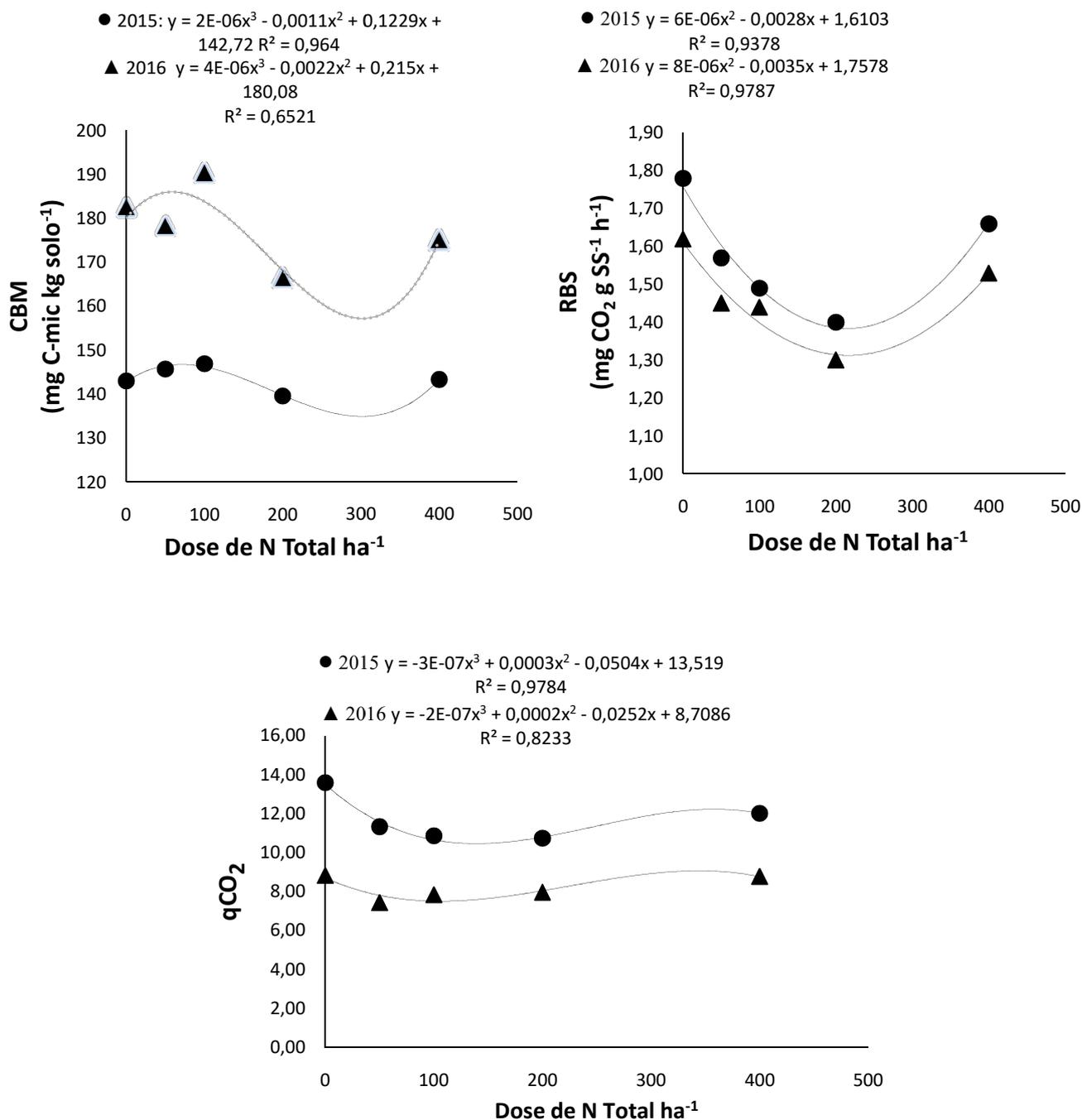
Destaca-se que os valores de CBM, de RBS e de qCO<sub>2</sub> foram influenciados pelas doses aplicadas de composto fermentado em ambos anos experimentais (Figura 2).

O CBM geralmente aumenta em resposta à adição de carbono no sistema até que algum fator seja limitante ou no caso da adição de uma fonte complexa como o composto fermentado, que é obtido a partir de farelo de trigo e farelo de mamona e pode apresentar efeito tóxico relacionado à uma ou mais substâncias presentes nos farelos. Em relação aos valores de RBS, a curva de resposta às doses apresenta um padrão de

parábola inversa, com ponto de inflexão, ou seja, o menor valor da RBS, na dose de 233 kg de N total ha<sup>-1</sup> em 2015 e 218 kg de N total ha<sup>-1</sup> em 2016 (Figura 2).

A possível influência da toxicidade da torta de mamona nas comunidades microbianas do solo deve ser considerada. A torta de mamona possui ricina, uma proteína considerada uma das mais potentes toxinas de origem vegetal conhecidas, presente no endosperma das sementes de mamona, não sendo detectada em outras partes da planta, como raízes, folhas ou caules (MOSHKIN, 1986). Akhtar e Mahmood (1996) demonstraram o efeito da adubação com torta de mamona sobre a redução da população de nematóides fitoparasitas e o aumento da população de nematóides predadores de vida livre, evidenciando que não são todas as espécies de microrganismos susceptíveis à proteína. A ricina foi relacionada como tóxica a insetos da ordem dos Coleópteros e dos Lepidópteros (CARLINI & SÁ, 2002).

A concentração de ricina na semente pode variar entre diferentes genótipos, tendo sido detectados teores de 1,5 a 9,7 mg/g (PINKERTON et al., 1999). Cada tonelada de semente de mamona processada gera aproximadamente 550 kg de torta de mamona. Na dose de 200 kg de N total ha<sup>-1</sup> via composto fermentado utilizado, incorpora-se ao solo 2.014 kg ha<sup>-1</sup> de torta de mamona que pode carrear ao solo aproximadamente 20 kg de ricina ha<sup>-1</sup>, ou seja, 2 gramas de ricina m<sup>-2</sup>.



**Figura 6.** Carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo (RBS) e quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) de um Argissolo Vermelho-Amarelo em função de doses de composto orgânico fermentado antecedendo o cultivo orgânico de cenoura em dois anos consecutivos.

A ricina é classificada como uma lectina, mais especificamente pertencente à família das lectinas A-B, compostas por duas subunidades, uma delas com atividade enzimática e a outra com um sítio de ligação específica ao açúcar galactose, exercendo o mecanismo de toxidez por meio da inativação dos ribossomos (OLSNES e KOZLOV, 2001). Geralmente, as proteínas da família A-B não apresentam toxidez por não

conseguirem penetrar na célula, mas na ricina, a subunidade A consegue penetrar a célula por endocitose e, uma vez no citosol, promove a morte da célula pela inibição da síntese proteica no ribossomo (LORD et al, 1994).

O óleo de mamona não possui ricina, a proteína é insolúvel em óleo, dessa forma toda a ricina permanece na torta (SEVERINO, 2007). Por esse motivo, existem na literatura científica alguns protocolos de desintoxicação da torta de mamona para o uso como ração animal (PERRONE et al. 1966; KLING, 1974; GARDNER et al., 1960).

Em relação ao CBM, nos dois anos de experimentação, os menores valores correspondem às doses de 350 e 300 kg de N total ha<sup>-1</sup>, para os anos de 2015 e 2016, respectivamente. A dose de 350 kg de N total ha<sup>-1</sup> carrega para o solo 35 kg de ricina ha<sup>-1</sup>, ou seja, 3,5 gramas da proteína m<sup>-2</sup>, enquanto a dose de 300 kg de N total ha<sup>-1</sup> leva ao solo 3,0 gramas m<sup>-2</sup>. De acordo com o modelo os valores da RBS, em 2015 e 2016, apresentam seus menores valores na dose de 218 e 233,3 kg de N total ha<sup>-1</sup>, respectivamente, ou seja, a partir das doses de 2,18 e 2,33 g de ricina m<sup>-2</sup>. O quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) teve seus menores valores nas doses de 98 e 96 kg de N total ha<sup>-1</sup> nos anos de 2015 e 2016, respectivamente.

É possível visualizar nos modelos que após uma queda dos valores do CBM, RBS e qCO<sub>2</sub>, em torno da dose de 200 kg de N total ha<sup>-1</sup>, há um aumento significativo dos valores dessas variáveis em relação a dose de 400 kg de N total ha<sup>-1</sup>. Tal efeito pode indicar que os microrganismos presentes nas amostras tendem a superar o efeito deletério da ricina.

Há trabalhos que evidenciam a capacidade de alguns organismos a desenvolverem imunidade à ação da ricina. Estudos de Tokarnia e Döbereiner (1997), com bovinos, relatam que os animais que receberam pequena dose de ricina (por ingestão) criaram certa imunidade e, posteriormente, suportaram uma dose mais alta, apresentando sintomas de intoxicação, porém permanecendo vivos. Hewetson et al. (1993) induziram imunidade em ratos, os quais resistiram a doses muito altas de ricina por inalação, confirmando a capacidade de imunização.

Quanto ao efeito da ricina em microrganismos do solo não foram encontrados trabalhos de pesquisa sobre o tema. Contudo, é pertinente hipotetizar que a presença de ricina possa provocar pressão de seleção sobre a comunidade microbiana do solo.

### **3.2 Atividade da β-glicosidase e índice de atividade microbiana (FDA)**

A atividade da enzima β-glicosidase e o índice de atividade microbiana mensurado pela técnica de FDA, não foram influenciados pela aplicação de cobertura

morta (tabela 3). Em contrapartida detectou-se diferença nestes atributos quando foram comparados os anos agrícolas.

**Tabela 16.** Valores da atividade da  $\beta$ -glicosidase e da hidrólise do diacetato de fluoresceína em função da aplicação de composto fermentado na presença ou ausência de cobertura morta do solo.

<b>Atividade enzimática do solo</b>		
<b>Ano agrícola</b>	<b><math>\beta</math>-glicosidase (<math>\mu\text{molspNP/gSS/hora}</math>)</b>	<b>FDA (<math>\mu\text{gFluoresc./gSS/h}</math>)</b>
2015	1.86 A	48.81 B
2016	1.24 B	84.49 A
CV (%)	28,78	36,53

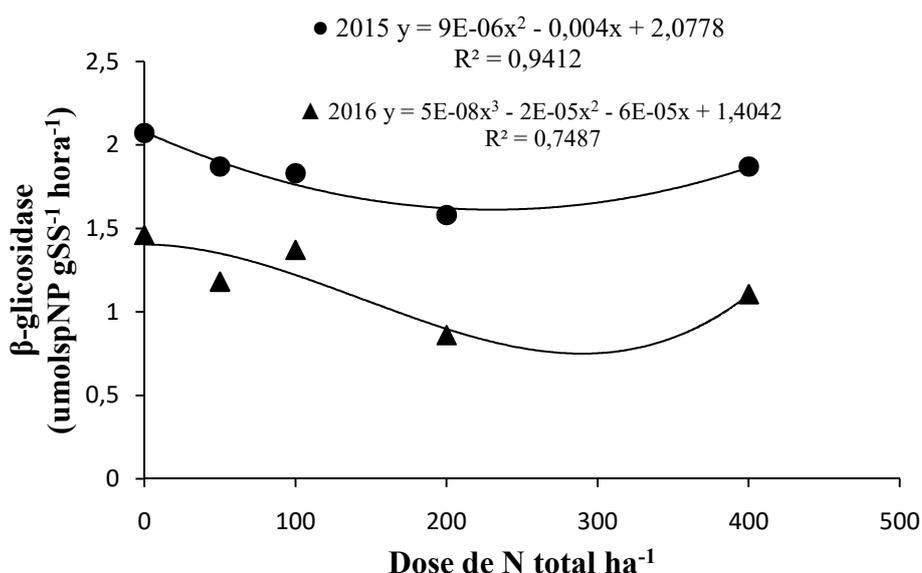
Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

O fato dos valores de  $\beta$ -glicosidase e FDA não terem sofrido influência da cobertura morta, aparentemente pode indicar que o período transcorrido entre a deposição da cobertura sobre o solo e a avaliação da atividade enzimática foi curto no que tange o processo de decomposição da palha da gramínea com magnitude que permitisse quantificar os valores de  $\beta$ -glicosidase. A  $\beta$ -glicosidase está diretamente ligada ao ciclo do carbono no solo e atua na etapa final do processo de decomposição da celulose, sendo essa enzima responsável pela hidrólise dos resíduos de celobiose formando o açúcar simples  $\beta$ -D-glucose (TABATABAI, 1994). Partindo da premissa de que não havia variabilidade espacial experimental no que concerne o estoque de carbono, fator intimamente correlacionado à atividade da  $\beta$ -glicosidase (GREEN et al., 2007), é possível concluir que no curto prazo a utilização de cobertura morta vegetal não interfere na atividade dessa enzima.

O mesmo se pode dizer para a análise de FDA em que os tratamentos representados pela ausência e presença de cobertura morta sobre o solo não promoveram diferença em um mesmo ano agrícola. Por meio da análise de FDA é possível identificar as atividades das enzimas lipases, proteases e esterases liberadas por bactérias e fungos identificados como decompositores primários, portanto, uma medida da atividade heterotrófica no solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Notou-se que os valores de FDA aumentaram no ano de 2016 quando comparado à 2015 e acompanharam as variações observadas nos valores do CBM. Shurer&Rosswal (1982)

descreveram que há relação direta entre os valores de CBM e de FDA em estudos envolvendo a atividade microbiana em solos.

A atividade de  $\beta$ -glicosidase e de FDA foram influenciados em função das doses aplicadas de composto orgânico fermentado em ambos os anos agrícolas estudados (Figuras 7 e 8).

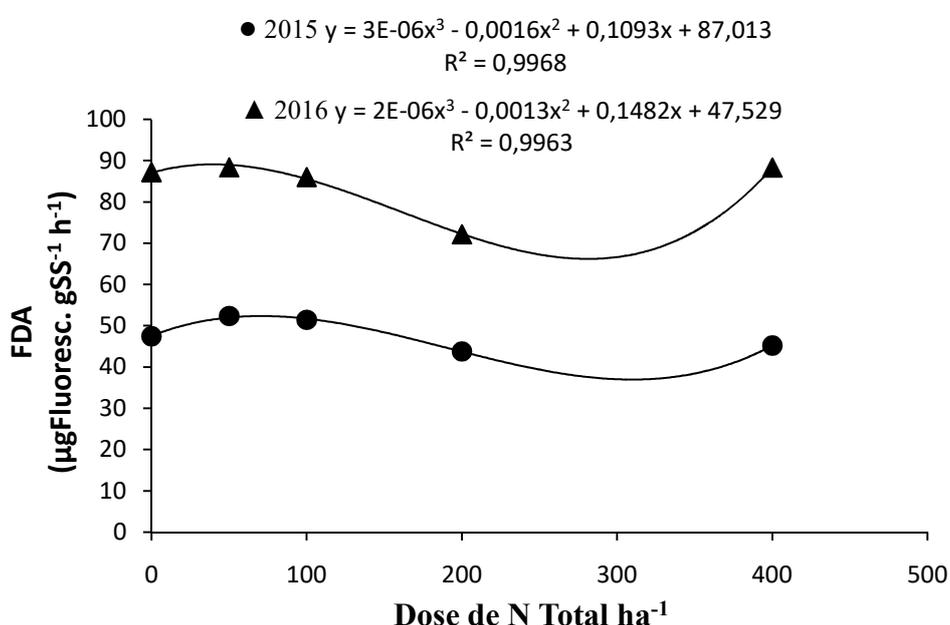


**Figura 7.** Atividade da enzima  $\beta$ -glicosidase, nos anos de 2015 e 2016, em função de doses de composto orgânico fermentado aplicado em um Argissolo Vermelho-Amarelo antecedendo o cultivo orgânico de cenoura.

De acordo com o modelo os valores de  $\beta$ -glicosidase, no ano de 2015 e 2016, apresentaram seus pontos mínimos nas doses de 222,2 e 330 kg de N total ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Os resultados observados demonstram uma queda na atividade da  $\beta$ -glicosidase mediante a aplicação do composto e uma retomada no aumento da atividade a partir dos pontos de atividade enzimática mínima.

Os resultados observados não corroboram com trabalhos encontrados na literatura científica que correlacionam o aumento dessa enzima à adição de carbono no solo. Em estudo sobre o efeito da aplicação de lodo de esgoto no solo sobre os atributos biológicos de um Latossolo Vermelho sob vegetação de cerrado, Souza et al. (2009) relatam que a atividade da enzima  $\beta$ -glicosidase aumenta proporcionalmente ao aumento da dose de lodo de esgoto aplicada, e conclui que tal efeito se dá devido ao aporte de carbono via adubo orgânico. Matsuoka et al. (2003), afirmam que a entrada de matéria orgânica com maior proporção de C prontamente mineralizável, em sistemas cultivados, explica a maior atividade da enzima  $\beta$ -glicosidase, já que ela atua sobre a

celobiose, que é um dissacarídeo de rápida decomposição no solo. Em estudos de mineralização de compostos fermentados, Boechat et al (2013) concluem que a mineralização do composto fermentado está diretamente relacionada com a relação C/N do mesmo e que a adição deste ao solo pode acelerar a degradação da matéria orgânica e aumento da atividade da  $\beta$ -glicosidase. Ademais, a  $\beta$ -glicosidase libera açúcares simples que, geralmente, são consumidos por bactérias Gram-negativas, de crescimento rápido, e, portanto, incorporados pela microbiota do solo, justificando a relação da atividade dessa enzima com os valores de carbono da biomassa microbiana (WALDROP et al., 2000).



**Figura 8.** Relação entre a hidrólise do diacetato de fluoresceína e doses crescentes de composto fermentado em dois anos agrícolas.

As respostas da FDA nos dois anos agrícolas acompanham os demais indicadores biológicos investigados. No primeiro ano de cultivo a atividade da FDA atingiu seu valor máximo na dose de 75,5 kg de N total ha<sup>-1</sup> e seu valor mínimo na dose de 280 kg de N total ha<sup>-1</sup>, mostrando clara tendência de diminuir em relação às doses adicionadas de composto. O mesmo padrão é observado no segundo ano de cultivo onde a atividade máxima de FDA corresponde a dose de 67,4 kg de N total ha<sup>-1</sup> e a atividade mínima na dose de 325,9 kg de N total ha<sup>-1</sup>. A hidrólise da FDA é usada para quantificar as células ativas nos solos e para caracterizar a atividade microbiana global do solo (SCHNÜRER & ROSWALL, 1982), sua diminuição em doses mais elevadas de composto orgânico fermentado pode indicar a inibição da atividade microbiana do solo

pelo material depositado. Chantigny et al. (2000) verificaram valores de FDA próximos a  $100 \mu\text{g g.s}^{-1} \text{h}^{-1}$  de fluoresceína no solo seco após três anos de aplicação de  $100 \text{ t ha}^{-1}$  de bio sólidos. Perucci (1992) relatou valores de 30 a  $100 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$  de fluoresceína no solo seco quando adicionou doses de 0 a  $90 \text{ t ha}^{-1}$  de composto de lixo urbano. Dessa maneira, em números relativos aos encontrados na literatura, é possível verificar que a atividade microbiana global observada no solo do experimento, principalmente no ano de 2016, corresponde aos valores encontrados após a adição de adubos orgânicos, embora seja possível visualizar um possível efeito inibidor da atividade microbiana pela adição de composto orgânico fermentado.

Os padrões de resposta dos valores do CBM, RBS, atividade da  $\beta$ -glicosidase e FDA às doses de composto fermentado indica possível ação tóxica do composto às comunidades microbianas. Como os modelos matemáticos das curvas de resposta desses indicadores apresentam clara tendência em aumentar após os pontos de mínima, tal fato nos permite fazer elucidar uma possível resistência adquirida pelos microrganismos do solo à ação inibidora demonstrada pela adição do composto, possivelmente ocasionado pela ricina presente na torta de mamona.

Estudos para avaliar diretamente o efeito da ricina presente na torta de mamona sobre as comunidades microbianas do solo se fazem necessário para se ter maior compreensão sobre o mecanismo de influência da proteína nessas comunidades, quais são as espécies mais susceptíveis e mais resistentes à ricina e determinar o quanto essa toxidez influencia na dinâmica microbiana dos solos agrícolas onde esse fertilizante é utilizado.

#### 4 CONCLUSÕES

1. A cobertura morta vegetal aplicada ao solo feita empregando palha de capim elefante não influencia a curto prazo os valores de carbono da biomassa microbiana, da respiração basal, do quociente metabólico e das atividades da  $\beta$ -glicosidase e da FDA no solo;

2. Os valores do carbono da biomassa microbiana, respiração basal e quociente metabólico, a atividade da enzima  $\beta$ -glicosidase e da FDA foram influenciados pelas doses de composto orgânico fermentado aplicado ao solo;

3. Os padrões de resposta das variáveis microbiológicas avaliadas indicam que a adição de composto orgânico fermentado ao solo, feito a partir do farelo de trigo e torta de mamona, pode apresentar algum grau de toxicidade para as comunidades microbianas do solo;

## **CAPITULO III**

### **ESTUDO DOS PADRÕES DOS CROMATOGRAMAS E USO DA TÉCNICA DA CCPP E SUA CORRELAÇÃO COM OS ATRIBUTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO**

## 1 INTRODUÇÃO

Em geral, a determinação de atributos do solo por meio de coleta de amostras e análise em laboratório apresenta custo elevado e demanda tempo desde a coleta até a obtenção dos resultados (NANNI & DEMATTÊ, 2006). Neste sentido a aplicação de metodologias menos onerosas, mais rápidas e que mitiguem impactos ambientais são necessárias para viabilizar caracterizações de características químicas, físicas e biológicas de solo, em escala espacial e temporal compatível com o manejo agrícola (BELLINASSO et al., 2010).

A técnica da cromatografia em papel existe há mais de 80 anos e tem se destacado como um dos principais procedimentos para a identificação e separação laboratorial de substâncias orgânicas (COLLINS, 2006). Consiste em um método físico de separação de diferentes componentes para caracterização de substâncias complexas, um conjunto de técnicas baseadas no princípio da retenção seletiva (PINHEIRO, 2011). Pfeiffer (1984) adaptou esta técnica (cromatografia circular plana de Pfeiffer- CCPP) para a aplicação em estudos de testes de qualidade de alimentos, de compostos agrícolas orgânicos e de solos. estudos de caso relacionando os padrões de CCPP obtidos em laboratório e o tipo de manejo aplicado ao solo.

A busca por abordagens quantitativas no que concerne caracterizações de solos a partir da aplicação da CCPP vem se intensificando e avanços em sua aplicação prática tem sido alcançado. Na Índia um programa baseado em conceitos de inteligência artificial para auxiliar na interpretação dos cromatogramas (PERUMAL et al., 2014). a relação envolvendo padrões da CCPP e atributos químicos de solos de clima temperado com vistas a desenvolver uma abordagem quantitativa para a caracterização química de amostras de solos também tem sido feita (KOKORNACZYK et al., 2016).

Face o exposto e considerando que nas condições brasileiras as informações a respeito da aplicação da CCPP em estudos relativos ao manejo dos solos são restritas, o presente trabalho buscou de forma exploratória aplicar a metodologia de cromatografia circular em amostras de terra incubadas com compostos orgânicos com o objetivo de relacionar as frações de substâncias húmicas do solo aos padrões cromatográficos obtidos por meio desta técnica.

Tendo em vista a necessidade do desenvolvimento de padrões, visando a abordagem qualitativa e quantitativa da CCPP, para os tipos de solos do estado do Rio de Janeiro e da melhor compreensão dos fenômenos envolvidos na formação dos padrões e sua respectiva correlação com atributos da matéria orgânica do solo, o presente capítulo tem como objetivo o estudo dos padrões dos cromatogramas e uso da técnica da CCPP e sua correlação com os atributos da matéria orgânica do horizonte A e horizonte B1 de um Argissolo vermelho e do horizonte E de um planossolo, por meio de experimento de incubação com doses crescentes de dois tipos de adubo orgânico: composto fermentado e vermicomposto.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho experimental foi conduzido em sala de incubação nas dependências do centro nacional de pesquisa de agrobiologia da EMBRAPA. As amostras de terra utilizadas no experimento foram coletadas em perfis localizados no SIPA- fazendinha agroecológica km 47 representando: horizontes a1 (0 – 10 cm) e b1 (48 – 65 cm) de um Argissolo Vermelho Distrófico Nitossólico e horizonte e de um planossolo Háptico (22 – 69 cm). As caracterizações físicas (análise granulométrica) e química das amostras foram realizadas de acordo com os métodos preconizados por EMBRAPA (1997) e foram conduzidas no laboratório de fertilidade do solo (LAFER) da universidade federal rural do rio de janeiro (UFRRJ) e encontram-se apresentadas nas tabelas 17 e 18.

**Tabela 17.** Granulometria dos perfis de solo utilizados no experimento, Fazendinha Agroecológica Km 47. Seropédica-RJ, 2017.

<b>Análise granulométrica</b>				
<b>Perfil do solo</b>	<b>Areia</b>	<b>Silte</b>	<b>Argila</b>	<b>Classe textural</b>
	----- g kg <sup>-1</sup> -----			
Planossolo Háptico				
E	831	77	92	Areia franca
Argissolo Vermelho				
A	544	149	307	Franco argilo arenosa
B1	482	122	396	Argila arenosa

A análise química dos fertilizantes orgânicos utilizados no ensaio foi realizada no laboratório de química do solo da EMBRAPA agrobiologia, de acordo com metodologia preconizada pela EMBRAPA (1997), e seus valores estão apresentados na Tabela 18.

**Tabela 18.** Análise de fertilidade dos perfis de solo utilizados no experimento de incubação.

Análise química							
Horizonte	Ca	Mg	K	H+Al	pH	Cor	P
	----- Cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup> -----				(H <sub>2</sub> O)	%	Disponível (mg dm <sup>-3</sup> )
Planossolo Háplico							
E	0,6	0,4	0,07	1,5	5,4	0,86	2
Argissolo Vermelho							
A	4,7	3,3	0,33	6,9	5,3	1,17	9
B1	3,2	1,5	0,02	3,7	5,8	0,98	2

Os compostos orgânicos utilizados nos experimentos foram o vermicomposto e o composto formulado a partir de uma mistura de farelos (trigo e mamona) do tipo "Bokashi". O vermicomposto foi obtido a partir da transformação acelerada por oligochetas, da espécie *Eiseniafoetida*, de esterco bovino coletado na Fazendinha Agroecológica Km 47, em área de curral calçado de uma criação de vacas leiteiras cuja terapêutica adotada é a Homeopatia. A análise química dos fertilizantes orgânicos utilizados nos ensaios foi realizada no Laboratório de Química Agrícola do Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia da EMBRAPA, de acordo com as técnicas preconizadas em EMBRAPA (1997). Os resultados das análises encontram-se apresentados na Tabela 19.

**Tabela 19.** Análise química do vermicomposto e do composto fermentado utilizados no experimento de incubação do solo.

<b>Fertilizantes orgânicos</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>C:N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
	----- <b>g kg<sup>-1</sup></b> -----						
Vermicomposto	-	17,90	-	6,17	16,40	12,51	7,18
Composto fermentado	518	29,50	17,5	8,5	9,32	2,61	3,45

Incubação de amostras de solos submetidas à fertilização com doses de compostos orgânicos foram conduzidos separadamente sendo divididos de acordo com as classes dos solos e dos respectivos horizontes de cada perfil (horizontes a e b1 de um Argissolo Vermelho e Horizonte e de um planossolo Háplico) o delineamento estatístico adotados foram inteiramente casualizados sendo os tratamentos dispostos em arranjo fatorial 2 x 5 x 2 com 3 repetições. Os fatores investigados foram fertilizantes orgânicos (vermicomposto e composto de farelos fermentado), doses (equivalente à 0, 20, 40, 80 e 160 Mg ha<sup>-1</sup>) e épocas de amostragem (45 e 90 dias) totalizando 60 frascos para cada experimento.

As amostras dos solos foram postas a incubar em frascos de vidros com capacidade para 600 cm<sup>3</sup> adicionando-se 300 cm<sup>3</sup> de terra seca fina ao ar misturada com as diferentes doses dos respectivos fertilizantes orgânicos sendo os frascos lacrados com filtro de papel.

As doses empregadas de cada fertilizante orgânico, assim como seus respectivos teores de umidade encontram-se apresentadas na Tabela 20.

**Tabela 20.** Umidade e doses utilizadas de cada fertilizante orgânico

<b>Adubo orgânico</b>	<b>Umidade %</b>	<b>Dose ton ha<sup>-1</sup></b>	<b>Dose gramas frasco<sup>-1</sup></b>
Vermicomposto	147	20	9,8
		40	19,76
		80	39,5
		160	79,04
Composto fermentado	43,8	20	5,75
		40	11,5
		80	23

A sala de incubação foi mantida com temperatura média de 25°C e os solos incubados foram mantidos a 70% de sua capacidade de retenção de água, estimada pelo método da proveta (FERNANDES; SYKES, 1968), sendo a restituição feita a cada 15 dias. Após respectivamente 45 e 90 dias após o início da incubação dos experimentos, amostras dos solos foram retiradas para a realização do fracionamento químico dos teores totais de C e de N e P para a CCPP.

### **2.1 Extração e fracionamento das substâncias húmicas do solo:**

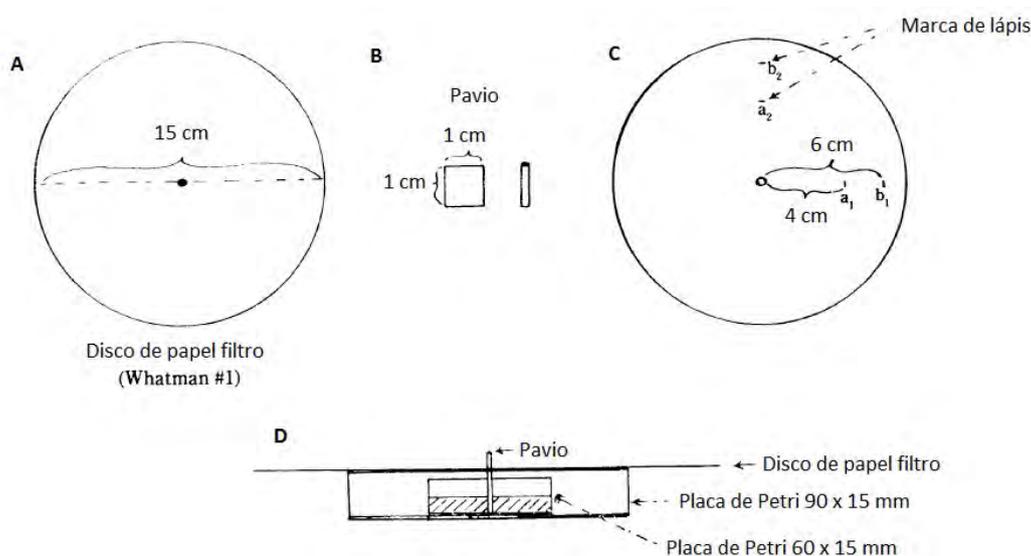
As análises de fracionamento químico da matéria orgânica foram realizadas no. O fracionamento da matéria orgânica foi realizado conforme descrito pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas – IHSS (SWIFT, 1996), com as modificações propostas por Benites, Madari e Machado (2003), obtendo-se as frações ácido fúlvico (AF), ácido húmico (AH) e humina (H). o protocolo adotado obedeceu a um roteiro de pesagem no qual 1,5 g de amostra de solo, em triplicata foi acondicionada em recipientes apropriados à centrifugação em seguida, as amostras foram submetidas ao pré-tratamento com HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> e NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>, sendo agitadas e centrifugadas por 10 min a 3000 rpm. por mais seis vezes. O pH do extrato alcalino foi ajustado para 1,5 pela adição de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. O material acidificado foi centrifugado o sobrenadante (fração de ácido fúlvico). Sobre o precipitado, foi adicionado NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> para obtenção da fração correspondente ao ácido húmico. O material restante nos tubos como a fração humina.

Amostras de 1,0 g de solo seco ao ar (TFSA) foram trituradas em almofariz e passadas em peneira de malha de 0,2 mm. Em seguida, foram transferidas individualmente para um pequeno tubo e acondicionadas em um dessecador, para retirar possível umidade existente, antes de se proceder à análise via combustão. Os teores totais de carbono e nitrogênio foram determinados por via seca, utilizando-se aparelho Perkin-Elmer (CHNS/O) Analyser Series II 2400 (NELSON & SOMMERS, 1982).

### **2.2 Cromatografia circular plana de Pfeiffer**

Foram diluídos cinco gramas da amostra de solo (TFSA), de cada tratamento, em 50 ml de solução de hidróxido de sódio (NaOH) na concentração de 1% em um erlenmeyer de 50 ml e levado à mesa agitadora por 20 minutos. Após a agitação a solução decantou por 12 horas e o sobrenadante foi utilizado na corrida cromatográfica.

Antes do início da eluição da solução do solo, o papel filtro foi impregnado com uma solução de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) na concentração de 0,3%, com o auxílio de uma placa de Petri de 90 x 155 mm e uma menor de 60 x 15 mm e um pavio feito do mesmo material do papel filtro (Figura 26). O papel filtro impregnado com a solução de nitrato de prata, até a marca de 4 cm do centro, foi colocado em uma câmara escura o tempo suficiente para secar.



**Figura 9.** A – Disco de papel filtro de 15 cm de diâmetro. B – Esquema do pavio feito com papel filtro. C – Esquema das marcas de lápis para orientar a corrida e a impregnação;  $a_1$  distância da corrida de impregnação com nitrato de prata;  $b_1$  a distância da corrida com a solução do solo. D – Disposição das placas de Petri, do pavio e do papel filtro durante a corrida da solução do solo e da impregnação do disco de papel filtro com nitrato de prata (PFEIFFER, 1984).

Foi transferido 5 ml do sobrenadante de cada erlenmeyer para a placa de Petri menor e em seguida depositado o papel filtro, previamente impregnado com a solução de nitrato de prata, sobre a placa de Petri maior. O pavio foi colocado perpendicularmente ao filtro, no orifício central, para que a solução ascenda e irradie no papel filtro até marca de 6 cm.

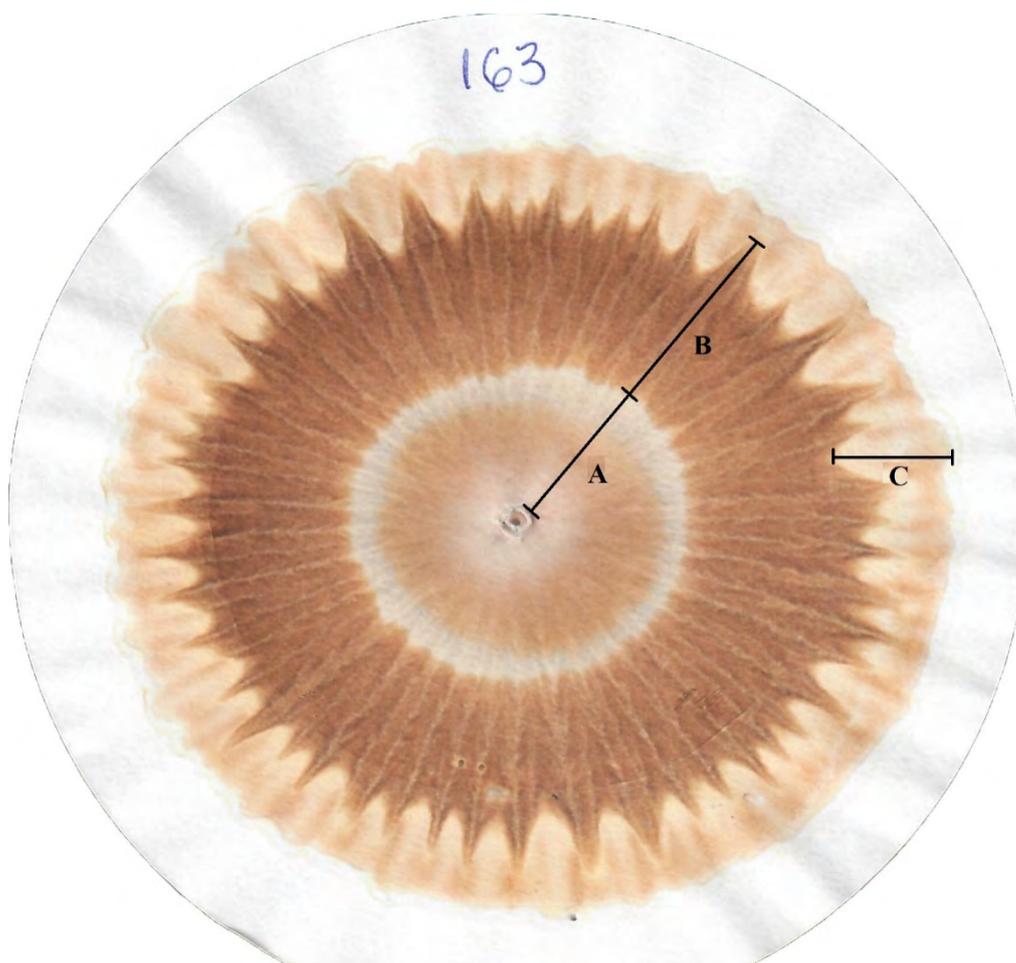
Após a solução atingir a marca de 6 cm o pavio foi retirado e o disco de papel filtro foi deixado secando em cima da placa de Petri. Depois de completamente seco o cromatograma é exposto indiretamente à luz solar para a revelação lenta do padrão cromatográfico (Figura 27). A revelação completa dura alguns dias.



**Figura 10.** Etapas da eluição da solução do solo. **A** – Impregnação dos filtros com nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ); **B** – Corrida cromatográfica das diferentes soluções do solo; **C** – Revelação dos padrões cromatográficos.

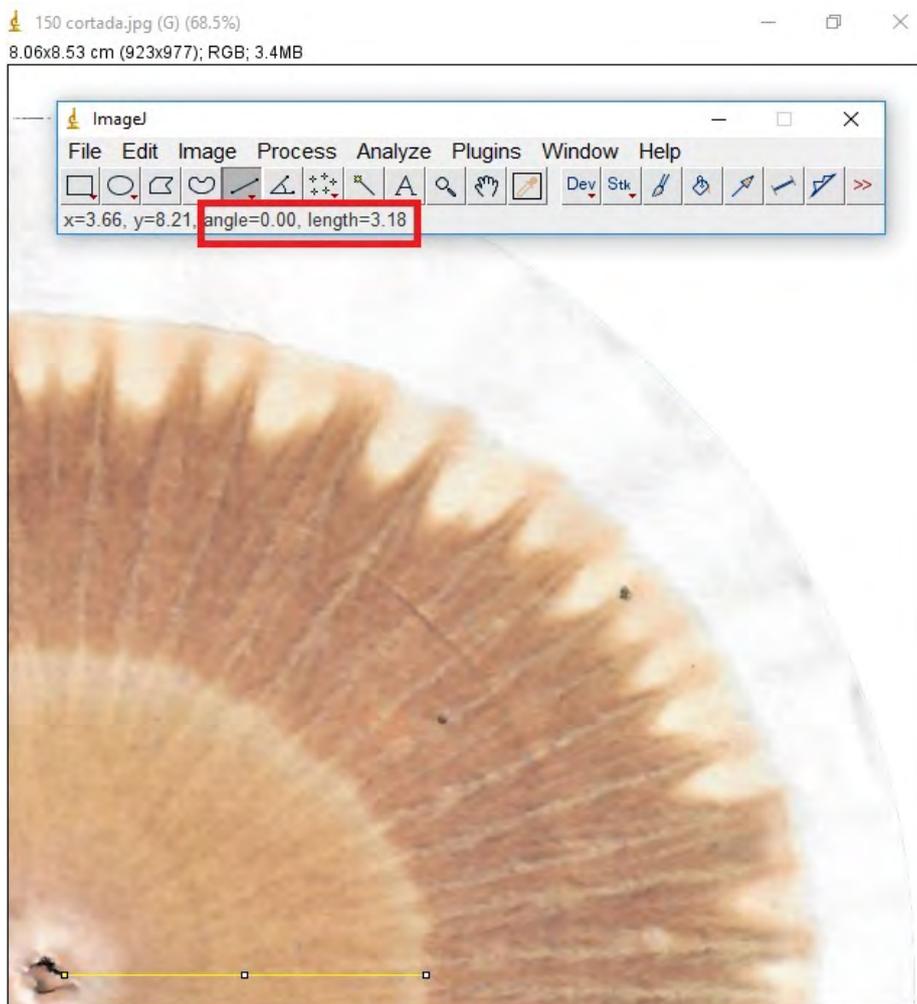
Para a interpretação dos padrões da CCPP foram consideradas três zonas distintas no cromatograma que serão objeto de análise, são elas: zona central, zona intermediária e zona externa (Figura 28).

Os atributos a serem considerados serão raio da zona central; largura da zona intermediária e da zona externa; índice de textura das zonas central e intermediária; e padrão de desenvolvimento do cromatograma. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de correlação de Pearson em relação às doses utilizadas dos adubos orgânicos, à época de amostragem, teor de carbono total, teor de nitrogênio total, teor de matéria orgânica e a concentração das frações das substâncias húmicas: ácido fúlvico e ácido húmico.



**Figura 11.** Zonas dos cromatogramas passíveis de interpretação. **A** – Zona central; **B** – Zona intermediária; **C** – Zona externa.

As medições do raio da zona central e largura das zonas intermediária e externa foram realizadas utilizando o software de manipulação de imagens ImageJ®. O software é capaz de fazer medições exatas em escalas pré-determinadas, nesse trabalho a unidade de medida utilizada foi o centímetro (Figura 29).



**Figura 12.** Janela do software ImageJ® durante a medição da zona interna de um cromatograma. No quadrado vermelho as informações do ângulo da medição e o comprimento da zona em centímetros.

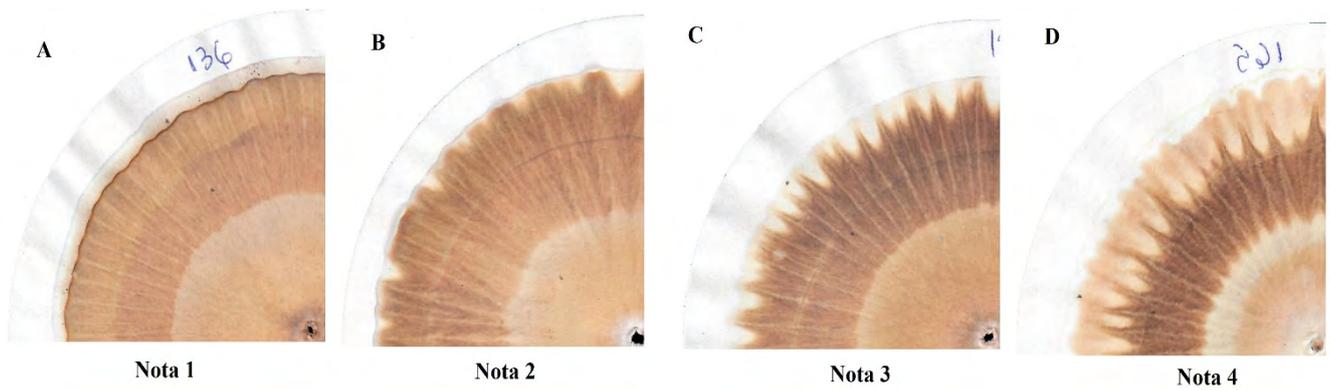
O índice de textura é um valor atribuído às zonas central e intermediária do cromatograma pelo software de manipulação de imagem ImageJ®. O índice de textura dessas zonas indica a heterogeneidade da solução do solo eluída no papel filtro. Zonas com valores de índice de textura baixos indicam maior homogeneidade das substâncias que passaram pelo local e conseqüente predominância de uma substância em detrimento de outras.

O software ImageJ® calcula o índice de textura após a conversão da imagem para o formato 8-bit (escala de cinza). O software faz uma leitura sensível da diferença entre o brilho e a intensidade dos pixels para o cálculo do índice (Figura 30).



**Figura 13.** Janela do software ImageJ® durante o cálculo do índice de textura da zona central de um cromatograma.

O grau de desenvolvimento do cromatograma é o único parâmetro analisado no modelo de interpretação proposto que é feito visualmente, sem o auxílio de um software de interpretação de imagens. Para isso foi construída uma escala de desenvolvimento do cromatograma, onde para cada padrão de desenvolvimento é atribuído uma nota de zero a quatro (Figura 31).



**Figura 14.** Escala de notas atribuídas ao padrão de desenvolvimento do cromatograma.

### 2.3 Análises estatísticas

Os dados obtidos através da leitura dos padrões dos cromatogramas (raio da zona central, largura das zonas intermediária e externa, índice textural das zonas intermediária e externa e padrão de desenvolvimento) tiveram seu desvio padrão calculados e em seguida submetidos à análise de correlação de Pearson em ao teor de carbono total, teor de nitrogênio total, teor de matéria orgânica e concentração de ácido fúlvico e ácido húmico nas substâncias húmicas extraídas de cada tratamento). Aqueles dados que apresentarem índice de correlação positiva ou negativa forte ou muito forte serão submetidos ao teste de média Tukey ( $p < 0,05$ ).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A técnica da CCPP tem como premissa as particularidades físico-químicas de cada alimento, composto ou solo avaliado (PFEIFFER, 1984) como teores de nutrientes e classes texturais diferentes, por exemplo, que imprimem seu padrão cromatográfico mediante a corrida de solução extraída com uma base forte (NaOH). Dessa maneira, a interpretação dos padrões da CCPP no presente estudo foi referente a cada perfil de solo utilizado no experimento de incubação com seus respectivos tratamentos.

### 3.1 Interpretação da CCPP de amostras de solo do Horizonte A de um Argissolo Vermelho submetido a diferentes doses de vermicomposto e composto fermentado.

Os valores médios dos parâmetros avaliados dos padrões cromatográficos: raio total, raio da zona central, largura da zona intermediária, largura da zona externa, índice

textural da zona central, índice textura da zona intermediária e padrão de desenvolvimento do cromatograma estão apresentados na Tabela 21.

**Tabela 21.** Valores dos parâmetros analisados da CCPP para os diferentes tratamentos e épocas de amostragem referentes ao Horizonte A de um Argissolo Vermelho.

Parâmetros analisados da CCPP									
Época	Dose	Raio total	Raio Z. central	Larg. Z. Inter.	Larg. Z. externa	Textura Z. central	Textura Z. Inter.	Padrão de Desenv.	
		----- cm -----							
<b>Vermicomposto</b>									
	0	6,00	2,43	3,03	0,56	4,33	5,42	2	
	20	4,64	2,13	2,29	0,00	4,18	5,22	1	
45	40	5,36	2,36	2,76	0,00	4,69	5,45	1	
	80	6,13	2,62	3,08	0,65	4,52	5,15	3	
	160	6,25	2,53	3,57	0,61	5,19	5,30	3	
	0	6,00	3,15	3,02	0,29	4,93	6,09	2	
	20	6,00	2,29	3,42	0,67	5,64	6,06	3	
90	40	6,00	2,72	3,17	0,69	5,29	5,75	4	
	80	6,00	2,59	3,12	0,76	5,31	6,21	4	
	160	6,00	2,89	3,10	0,74	5,30	6,30	4	
<b>Composto fermentado</b>									
	0	6,00	2,43	3,03	0,56	4,33	5,42	2	
	20	5,75	2,48	3,03	0,79	4,71	5,64	4	
45	40	4,72	2,36	2,37	0,28	4,87	5,98	3	
	80	4,71	2,96	2,82	0,00	4,99	6,42	2	
	160	5,88	3,92	2,45	0,00	4,50	5,83	3	
	0	6,00	3,15	3,02	0,29	4,93	6,09	2	
	20	6,00	2,35	3,39	0,93	5,73	6,24	3	
90	40	6,00	2,60	3,07	1,49	5,68	6,26	3	
	80	6,00	2,97	2,88	1,71	5,58	6,40	4	

160	6,00	2,57	2,88	1,59	5,94	5,81	4
-----	------	------	------	------	------	------	---

Ao avaliarmos a correlação linear entre as doses de vermicomposto utilizadas, época de amostragem e os atributos químicos da fração orgânica de amostras de solo do Horizonte A de um Argissolo Vermelho em relação aos parâmetros avaliados na interpretação da CCPP foi encontrada correlação linear positiva forte entre a textura da zona central e a concentração de ácido fúlvico (0,72) e a época de amostragem (0,77), assim como entre a textura da zona intermediária em relação à época de amostragem (0,93).

**Tabela 22.** Matriz de correlação entre dose, época e atributos químicos da matéria orgânica de amostras de solo de um Horizonte A de um Argissolo Vermelho incubado vermicomposto em relação aos parâmetros analisados na CCPP, aos 90 dias.

Matriz de correlação entre os parâmetros CCPP e amostras de solo							
	Vermicomposto				Teor de M.O	Nitrogênio	Carbono
	Época	Dose	AF	AH			
	----- g kg -----						
Raio total	0,36*	0,37*	-0,17*	0,06*	-0,07*	-0,31*	-0,07*
Raio zona central	0,55*	0,21*	-0,19*	-0,10*	-0,36*	0,16*	-0,36*
Largura zona intermediária	0,33*	0,43*	-0,16*	0,21*	0,17*	-0,48*	0,17*
Largura zona externa	0,48*	0,46*	0,68*	-0,04*	0,02*	0,05*	0,02*
Textura zona central	0,77**	0,37*	0,72**	0,11*	0,10*	0,23*	0,10*
Textura zona intermediária	0,93**	0,09*	-0,55*	-0,08*	-0,38*	-0,05*	-0,38*
Padrão de desenvolvimento	0,64*	0,55*	-0,25*	-0,05*	0,10*	0,40*	0,10*

\*\* valor de r significativo; \* valor de r não significativo;  $p < 0,05$ .

No processo de eluição, ou seja, de separação da solução do solo nos capilares do papel filtro, as substâncias que possuem moléculas com maior polaridade, maior peso ou maior tamanho, se concentrarão mais próximas do centro da corrida (COLLINS et al., 2006). O contrário também é verdadeiro, ou seja, quanto menor for a polaridade da molécula, seu peso ou tamanho, mais longe do centro da corrida se agruparão essas

substâncias (COLLINS et al., 2006). Essas características das substâncias húmicas extraídas do solo pelo NaOH influenciam diretamente no tamanho das zonas da CCPP (KOKORNACZYK, 2016).

O índice de textura das zonas central e intermediária na CCPP, identificada por softwares de manipulação de imagens como o ImageJ®, mas também visível a olho nu na forma de canais e cores diferentes, pode indicar a concentração das substâncias menores, mais leves e menos polares. Unger et al. (2008) sugerem que moléculas menores, mais leves e menos polares, portanto com maior força de deslocamento nos capilares do papel, podem forçar sua passagem através dos depósitos de substâncias mais polares, maiores ou mais pesadas, formando canais. Assim, quanto maior o número e complexidade dos canais formados ao longo da corrida, maior também será as nuances entre as tonalidades de cinza detectadas pelos software e maior será o índice de textura encontrado.

Ao realizarmos a análise de variância dos valores do índice de textura das zonas central e intermediária, assim como dos teores de ácido fúlvico, foi encontrada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) desses valores em relação à época de amostragem, demonstrando tendência em aumentar o índice de textura das zonas central e intermediária, indicando possível aumento da concentração do ácido fúlvico ou outras substâncias mais leves em relação ao tempo de incubação desse solo com vermicomposto (Tabela 23).

**Tabela 23.** Comparação entre as médias dos valores da textura das zonas central e intermediária da CCPP e da concentração das frações ácido fúlvico e ácido húmico nas amostras do Horizonte A de um Argissolo Vermelho submetido a doses crescentes de vermicomposto.

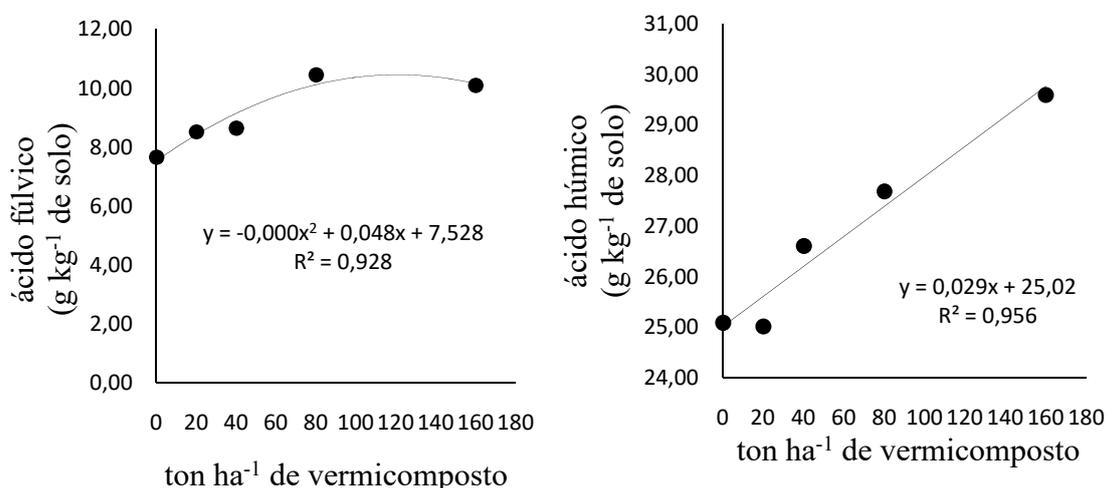
<b>Época de amostragem (dias)</b>	<b>Textura da zona central (cm)</b>	<b>Textura da zona intermediária (cm)</b>	<b>Ácido fúlvico (g kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Ácido húmico (g kg<sup>-1</sup>)</b>
45	4,6 b	5,58 b	7,49 b	26,68 a
90	5,4 a	6,11 a	9,16 a	25,32 a
CV (%)	15,87	51,71	17,80	16,00

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

O resultado da análise de variância indica que ao longo do tempo de incubação a fração ácido fúlvico tende a aumentar e a fração ácido húmico tende a se manter estável, nos tratamentos com vermicomposto. Foi encontrada diferença significativa na

concentração da fração ácido fúlvico e ácido húmico em relação às doses aplicadas de vermicomposto (Figura 32). Ao avaliarem o processo de humificação do vermicomposto com diferentes fontes de carbono, Antunes et al. (2015) relatam a diminuição da concentração da fração ácido fúlvico e aumento da fração ácido húmico ao longo do tempo no processo da vermicompostagem, independente do resíduo compostado, indicando uma característica desse adubo em relação às frações das substâncias húmicas.

A análise de regressão mostra concentração maior da fração ácido fúlvico na dose correspondente a 80 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto com ligeira diminuição na dose de 160 ton ha<sup>-1</sup>, e aumento crescente da concentração da fração ácido húmico em função das doses de vermicomposto.



**Figura 15.** Concentração das frações ácido fúlvico (A) e ácido húmico (B) nas amostras de solo em relação às doses de vermicomposto utilizadas aos 90 dias de incubação de incubação.

A matriz de correlação linear entre as doses de composto fermentado, época de amostragem e os atributos químicos da fração orgânica de amostras de solo do Horizonte A de um Argissolo Vermelho em relação aos parâmetros avaliados na interpretação da CCPP estão apresentados na Tabela 24. A análise apresentou uma correlação forte entre os valores da largura da zona externa e a textura da zona central em relação à época de amostragem, apresentando o valor de r de Pearson igual 0,71 e 0,83, respectivamente. Também foi verificado correlação positiva significativa entre a textura da zona central com a concentração da fração ácido fúlvico (0,78).

**Tabela 24.** Matriz de correlação entre dose, época e atributos químicos da fração orgânica do Horizonte A de um Argissolo Vermelho incubado com doses crescentes de composto fermentado em duas épocas de amostragem aos 90 dias de incubação.

<b>Matriz de correlação dos parâmetros da CCPP</b>							
<b>Composto fermentado</b>							
	<b>Época</b>	<b>Dose</b>	<b>AF</b>	<b>AH</b>	<b>Teor de M.O</b>	<b>Nitrogênio</b>	<b>Carbono</b>
			----- g kg -----			----- % -----	
Raio total	0,59*	-0,01*	-0,35*	0,53*	-0,52*	-0,31*	-0,52*
Raio zona central	-0,11*	0,54*	-0,11*	0,40*	-0,07*	0,16*	-0,07*
Largura zona intermediária	0,54*	-0,51*	-0,45*	0,40*	-0,45*	-0,48*	-0,45*
Largura zona externa	0,71**	0,11*	0,40*	0,30*	-0,04*	0,05*	-0,04*
Textura zona central	0,83**	0,23*	0,78*	0,41*	0,15*	0,23*	0,15*
Textura zona intermediária	0,48*	0,06*	-0,65*	0,27*	-0,08*	-0,05*	-0,08*
Padrão de desenvolvimento	0,26*	0,41*	-0,28*	0,36*	0,32*	0,40*	0,32*

\*\* valor de r significativo; \* valor de r não significativo

Os dados de largura da zona externa, textura da zona central e concentração da fração ácido fúlvico foram submetidos à análise de variância e apresentaram diferença significativa em relação ao fator época de amostragem (Tabela 25). A comparação entre as médias indica a tendência da medida da largura da zona externa e o índice de textura da zona central aumentarem ao decorrer do tempo de incubação das amostras de solo.

Os valores da concentração da fração ácido fúlvico e do índice de textura da zona central podem indicar a correlação entre esses fatores no padrão da corrida cromatográfica.

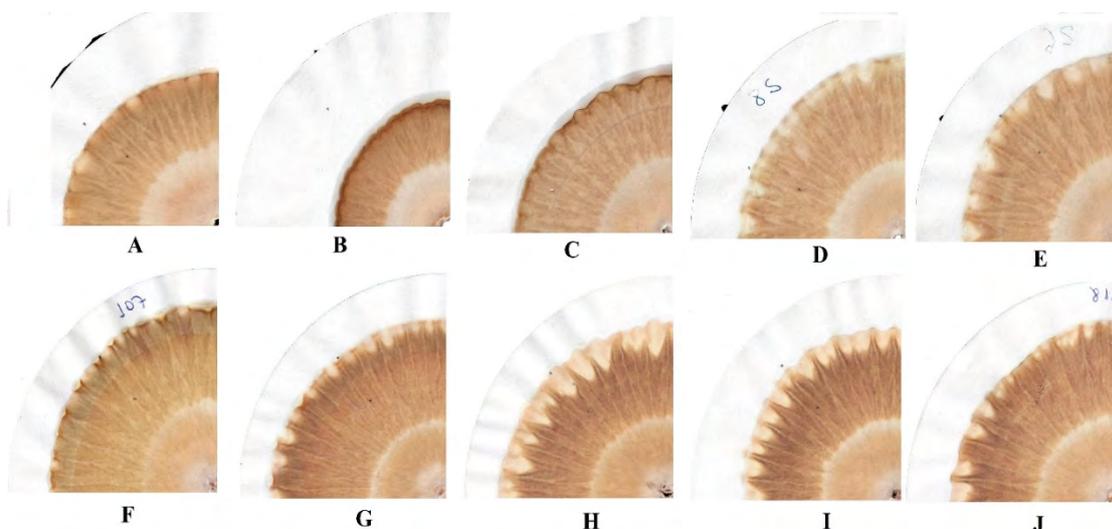
**Tabela 25.** Comparação entre as médias dos valores da largura da zona externa e textura da zona central da CCPP do Horizonte A de um Argissolo Vermelho submetido a doses crescentes de composto fermentado.

<b>Época de amostragem</b>	<b>Largura da zona externa (cm)</b>	<b>Textura da zona central (cm)</b>	<b>Ácido fúlvico (g kg<sup>-1</sup>)</b>
45	0,34 b	5,58 b	4,24 b
90	0,91 a	6,11 a	6,68 a
CV	11,32	17,06	15,49

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Na comparação visual entre os padrões cromatográficos de ambos os tratamentos (vermicomposto e composto fermentado) nesse perfil de solo, ao longo do tempo, é possível perceber visualmente o aumento da complexidade dos canais que corresponde diretamente ao aumento do índice de textura (Figuras 33 e 34).

Stevenson (1982) discorre sobre a teoria de Walksman, de formação das substâncias húmicas do solo a partir da ação dos microrganismos sobre a lignina, onde após reações de dimetilação, oxidação e condensação com compostos nitrogenados são formados os ácidos húmicos e sua posterior fragmentação em moléculas menores formam os ácidos fúlvicos. Desde ponto de vista, aliado à teoria de Unger et al. (2008) anteriormente citada, torna-se plausível a elucubração de que as moléculas dos ácidos húmicos ao se fragmentarem ao longo do tempo, potencializada pela ação microbiana, formam a fração ácido fúlvico, com peso molecular e tamanho menores, obtendo força de deslocamento nos capilares do papel filtro forte o suficiente para formar mais canais aumentando, dessa maneira, o valor do índice textural.

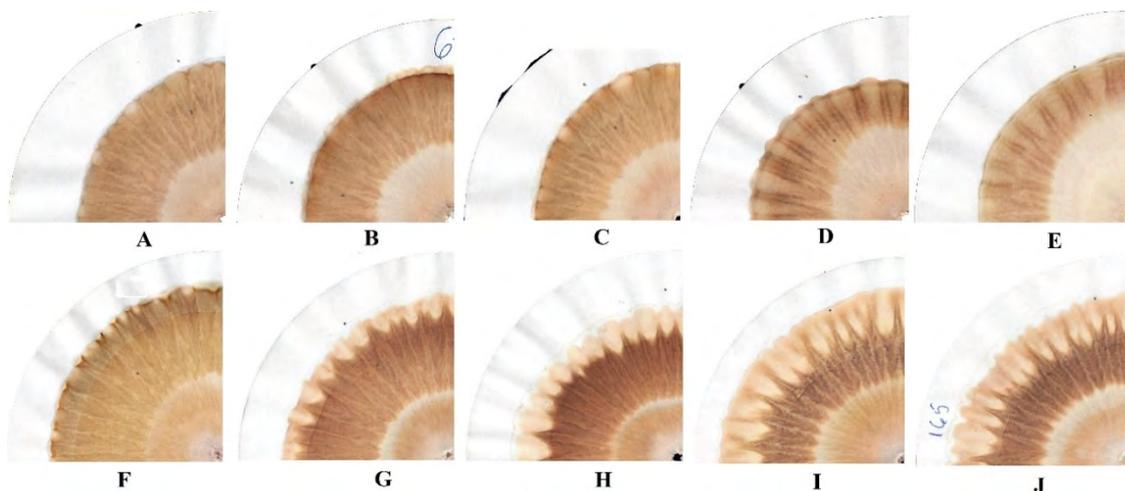


**Figura 16.** Evolução dos padrões da CCPP de doses crescentes de vermicomposto em função do tempo de incubação em um Horizonte A de um Argissolo Vermelho. **A-** Dose 0 de vermicomposto aos 45 dias de incubação; **B-** Dose de 20 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; **C-** Dose de 40 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; **D-** Dose de 80 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; **E-** Dose de 160 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; **F-** Dose 0 de vermicomposto aos 90 dias de incubação; **G-** Dose de 20 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação; **H-** Dose de 40 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação; **I-** Dose de 80 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação e **J-** Dose de 160 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação.

Na zona externa do cromatograma, de acordo com a teoria da eluição das substâncias pela técnica da cromatografia de papel (COLLINS et al., 2006), se concentram aqueles compostos com menores polaridade e peso molecular. No processo de extração das substâncias húmicas com NaOH também são extraídos compostos chamados de substâncias não húmicas. Entre as substâncias não húmicas estão os carboidratos, proteínas, peptídeos, aminoácidos, ácidos nucleicos, graxas, resinas, pigmentos e outras substâncias orgânicas de baixo peso molecular (SCHNITZER, 1991) que juntamente com o ácido fúlvico tem maior potencial de deslocamento pelos capilares do papel filtro. Provavelmente são essas substâncias que formam a zona externa do cromatograma ao se depositarem na periferia da corrida cromatográfica, indicando aumento na concentração dessas substâncias nas amostras de solo em função do tempo e do aumento das doses.

Naqueles tratamentos que receberam doses de composto fermentado é evidente o padrão de desenvolvimento da zona externa, sendo que sua largura aumentou

consideravelmente em relação à época de amostragem e às doses utilizadas, refletindo diretamente no coeficiente de correlação entre época e largura da zona externa. Tal fato pode indicar uma grande sensibilidade da técnica em apontar o aumento de concentração de compostos mais leves como a ácidos fúlvicos, carboidratos, proteínas, peptídeos, aminoácidos, ácidos nucleicos, graxas, resinas e pigmentos nas amostras analisadas.



**Figura 17.** Evolução dos padrões da CCPP de doses crescentes de composto fermentado ao longo do tempo em um Horizonte A de um Argissolo Vermelho. A- Dose 0 de composto fermentado aos 45 dias de incubação; B- Dose de 20 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; C- Dose de 40 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; D- Dose de 80 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; E- Dose de 160 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; F- Dose 0 de composto fermentado aos 90 dias de incubação; G- Dose de 20 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação; H- Dose de 40 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação; I- Dose de 80 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação e J- Dose de 160 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação.

### **3.2 Interpretação da CCPP de amostras de solo do Horizonte B1 de um Argissolo Vermelho submetido a diferentes doses de vermicomposto e composto fermentado.**

O mesmo experimento de incubação do solo, com doses crescentes de vermicomposto e composto fermentado, também foram aplicados a amostras do Horizonte B1 do mesmo Argissolo Vermelho. As diferenças mais evidentes em relação ao Horizonte A é a concentração de carbono orgânico, 1,17% no Horizonte A e 0,98% no Horizonte B1, e sua granulometria, principalmente em relação à argila. O Horizonte B1 do Argissolo Vermelho apresentou um teor de argila 28% maior do que o Horizonte A do mesmo solo.

Os valores médios dos parâmetros avaliados dos padrões cromatográficos: raio total, raio da zona central, largura da zona intermediária, largura da zona externa, índice textural da zona central, índice textura da zona intermediária e padrão de desenvolvimento do cromatograma, com seus respectivos desvios padrões em função do tempo de incubação e as doses de vermicomposto e composto fermentado estão apresentados na Tabela 27.

**Tabela 26.** Valores dos parâmetros analisados da CCPP para os diferentes tratamentos e épocas de amostragem referentes ao Horizonte A de um Argissolo Vermelho.

Valores dos parâmetros analisados na CCPP								
Época	Dose	Raio total	Raio Z. central	Larg. Z. Inter.	Larg. Z. externa	Textura Z. central	Textura Z. Inter.	Padrão de Desenv.
----- cm -----								
<b>Vermicomposto</b>								
	0	6,09	3,09	2,85	0,39	5,29	5,30	1
	20	6,34	3,47	2,81	0,26	4,94	5,46	1
45	40	5,77	2,57	3,16	0,00	5,12	5,63	1
	80	6,14	2,89	3,09	0,00	4,87	5,19	2
	160	6,30	3,69	2,97	0,35	5,07	5,81	3
	0	5,90	3,05	2,97	0,30	4,93	5,73	1
90	20	6,00	3,04	2,85	0,30	4,98	5,52	2
	40	6,25	3,25	2,82	0,00	4,90	5,19	2
	80	6,36	3,52	2,86	0,40	4,57	5,84	3
	160	6,15	3,20	2,95	0,00	4,52	5,28	3
<b>Composto fermentado</b>								
	0	6,09	3,09	2,85	0,39	5,29	5,30	1
	20	6,12	3,22	2,77	0,00	5,46	5,50	1
45	40	5,89	3,04	2,48	0,00	5,23	5,06	2
	80	6,00	2,82	2,97	0,00	5,19	5,73	2
	160	5,57	2,55	2,43	1,02	5,08	5,45	4
	0	5,90	3,05	2,97	0,30	4,93	5,73	2
90	20	6,27	3,18	3,07	0,64	4,82	5,94	3
	40	6,20	3,13	3,07	0,53	4,97	5,91	3
	80	6,30	2,99	2,94	0,47	4,49	6,07	3
	160	6,30	3,30	3,00	0,73	5,00	6,20	4

A matriz de correlação entre a época de amostragem, as doses utilizadas de vermicomposto, a fração ácido fúlvico, a fração ácido húmico e os teores de matéria orgânica, nitrogênio e carbono das amostras de solo em relação aos padrões da CCPP do Horizonte B1 de um Argissolo Vermelho apresentou índice de correlação significativo

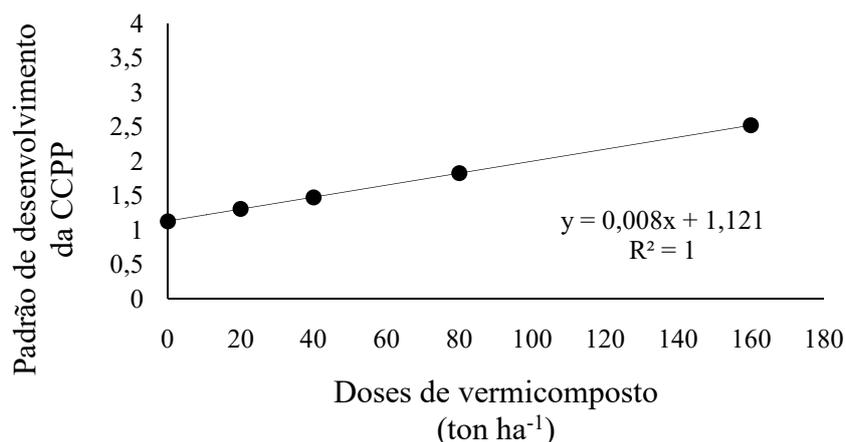
entre o padrão de desenvolvimento, único parâmetro visual avaliado, e as doses utilizadas (0,85) e a concentração de ácido fúlvico (0,93).

**Tabela 27.** Matriz de correlação entre dose, época e atributos químicos da fração orgânica do Horizonte B1 de um Argissolo Vermelho incubado com doses crescentes de vermicomposto em duas épocas de amostragem.

<b>Matriz de correlação dos parâmetros da CCPP</b>							
	<b>Vermicomposto</b>						
	<b>Época</b>	<b>Dose</b>	<b>AF</b>	<b>AH</b>	<b>Teor de M.O</b>	<b>Nitrogênio</b>	<b>Carbono</b>
			----- g kg <sup>-1</sup> -----		----- % -----		
Raio total	0,02*	0,40*	0,66*	-0,47*	0,27*	0,18*	0,27*
Raio zona central	0,11*	0,41*	0,65*	-0,43*	0,44*	0,40*	0,44*
Largura zona intermediária	-0,38*	0,25*	-0,26*	0,04*	0,16*	0,10*	0,16*
Largura zona externa	0,00*	-0,22*	0,18*	0,11*	0,14*	0,22*	0,14*
Textura zona central	-0,63*	-0,50*	-0,62*	0,44*	-0,02*	0,03*	-0,02*
Textura zona intermediária	0,07*	0,09*	0,24*	-0,08*	0,30*	0,36*	0,30*
Padrão de desenvolvimento	0,36*	0,85**	0,93**	-0,52*	0,57*	0,47*	0,57*

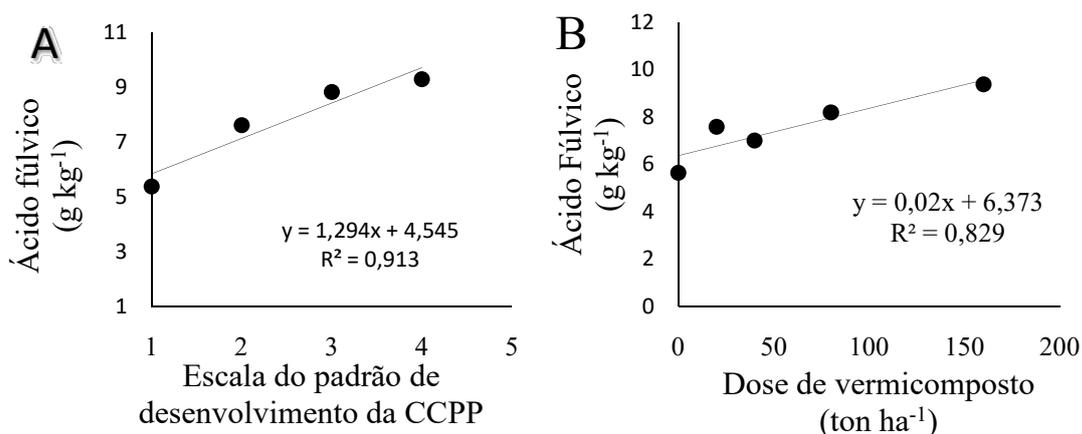
\*\* valor de r significativo; \* valor de r não significativo

A análise de variância dos valores referentes às notas atribuídas ao padrão de desenvolvimento da CCPP apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em relação às doses de vermicomposto utilizadas, apontando que a pontuação relativa ao padrão de desenvolvimento da CCPP foi maior para os tratamentos com maior dose de vermicomposto (Figura 35).



**Figura 18.** Notas atribuídas ao padrão de desenvolvimento da CCPP em relação a doses crescentes de vermicomposto.

Em relação à concentração da fração ácido fúlvico, a análise de variância apontou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) das concentrações em relação às doses de vermicomposto utilizadas, demonstrando o aumento linear na concentração dos ácidos fúlvicos em relação as doses de vermicomposto (Figura 36). A análise de regressão da concentração de ácido fúlvico em função das notas atribuídas ao desenvolvimento do padrão da CCPP indica que quanto maior a concentração da fração ácido fúlvico nas amostras maior é foi a nota atribuída ao padrão de desenvolvimento da CCPP, mostrando relação positiva entre a concentração da fração ácido fúlvico e a corrida cromatográfica.



**Figura 19.** A- Concentração da fração ácido fúlvico nas amostras de solo em relação à escala do padrão de desenvolvimento da CCPP; B – Concentração da fração ácido fúlvico nas amostras em relação às doses de vermicomposto utilizadas no ensaio de incubação.

A matriz de correlação entre o padrão da CCPP e a fração ácido húmico, a fração ácido fúlvico e os teores de matéria orgânica, nitrogênio e carbono das amostras de solo do Horizonte B1 de um Argissolo Vermelho, incubado com doses crescentes de composto fermentado, apresentou correlação linear significativa entre a largura da zona externa e a textura da zona intermediária em função da época de amostragem, assim como, entre o padrão de desenvolvimento da CCPP e as doses utilizadas.

A matriz de correlação também apresentou interação significativa, porém negativa, entre a textura da zona central e a época de amostragem; raio total do cromatograma e os teores de matéria orgânica, nitrogênio e carbono das amostras; e textura da zona intermediária em relação a concentração de ácido húmico e o teor de matéria orgânica (Tabela 28).

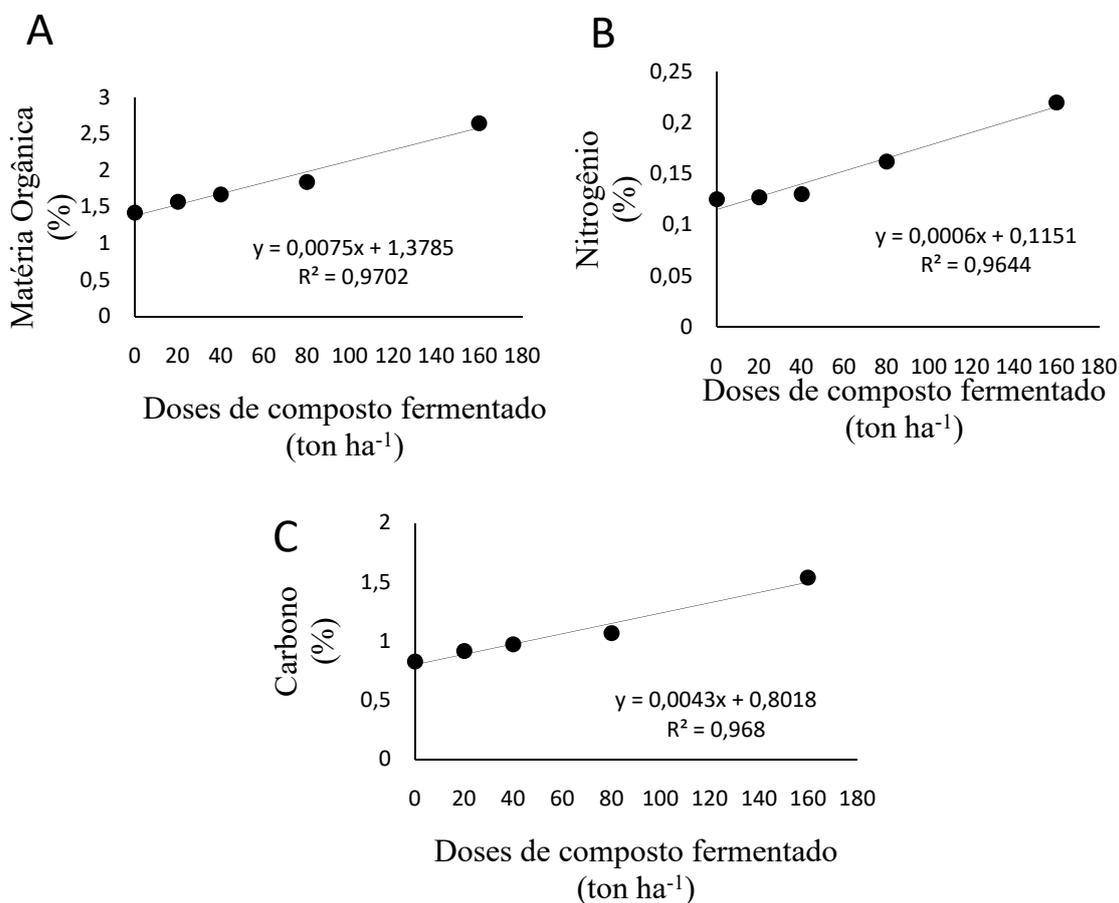
**Tabela 28.** Matriz de correlação entre atributos químicos da fração orgânica e teores de matéria orgânica, nitrogênio e carbono do Horizonte B1 de um Argissolo Vermelho, incubado com doses crescentes de composto fermentado, analisado em duas épocas de amostragem.

	Composto fermentado						
	Época	Dose	AF AH		Teor de M.O	Nitrogênio	Carbono
			---- g kg <sup>-1</sup> ----		----- % -----		
Raio total	0,60*	-0,19*	0,14*	-0,41*	-0,86**	-0,88**	-0,86**
Raio zona central	0,46*	-0,40*	0,37*	-0,49*	-0,69*	-0,68*	-0,69*
Largura zona intermediária	0,51*	-0,26*	0,25*	-0,59*	-0,61*	-0,60*	0,51*
Largura zona externa	0,79**	0,58*	-0,04*	-0,34*	-0,08*	0,11*	-0,08*
Textura zona central	-0,69*	-0,19*	0,12*	0,57*	0,60*	0,34*	0,60*
Textura zona intermediária	0,82**	0,32*	0,34*	-0,79*	-0,82**	-0,74*	-0,82**
Padrão de desenvolvimento	0,49*	0,79**	0,29*	-0,46*	-0,29*	0,14*	-0,29*

\*\* valor de r significativo; \* valor de r não significativo

O raio total do cromatograma expressa a fluidez da eluência das substâncias húmicas entre os capilares do papel filtro. Um possível motivo pelo qual o desenvolvimento da corrida não atinja o ponto final (6 cm de raio), nas amostras com alto teor de matéria orgânica, é a predominância de compostos húmicos pesados ou com alta polaridade como os ácidos húmicos, por exemplo. As composições químicas e de

grupos funcionais médias dos ácidos húmicos e dos ácidos fúlvicos, nas substâncias húmicas, revelam que os ácidos húmicos apresentam mais C e menos O que os ácidos fúlvicos, mostrando que o ácido húmico é relativamente mais polimerizado (Schnitzer & Khan, 1972), podendo ser um indício da maior concentração dessa fração em detrimento da fração mais leve. Os valores dos teores de matéria orgânica, nitrogênio e carbono apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em relação às doses de composto fermentado (Figura 37).



**Figura 20.** A- Teores de matéria orgânica no Horizonte B de um Argissolo Vermelho incubado com doses crescentes de composto fermentado; B- Teores de nitrogênio no Horizonte B de um Argissolo Vermelho incubado com doses crescentes de composto fermentado; C- Teores de carbono no Horizonte B de um Argissolo Vermelho incubado com doses crescentes de composto fermentado.

A largura da zona externa está correlacionada positivamente com a época de amostragem, mostrando que quanto maior o tempo de incubação das amostras de solo maior também foi a largura dessa zona na CCPP, podendo indicar o processo de estabilização física que o composto fermentado ainda está sujeito, aumentando a concentração das substâncias húmicas menos polimerizadas (fração ácido fúlvico) e que evoluem maiores distâncias nos capilares do papel filtro. Ao ser submetido a análise de variância os valores da largura da zona externa apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em relação às épocas de amostragem (Tabela 29).

A compostagem dos adubos orgânicos acontece em três fases (BALDOTTO, 2006). A primeira, denominada de fitotóxica, é caracterizada por reações ácidas, provenientes dos ácidos orgânicos. Em condições adequadas, segundo Baldotto (2006), a fase fitotóxica dura de 10 a 20 dias, coincidindo com o tempo de preparo do composto fermentado. Decorridas as primeiras duas a três semanas, acontece a segunda fase, de semicura, na qual ocorre o processo de estabilização biológica. A fase de estabilização biológica indica que os microrganismos sintetizaram suas enzimas, efetuaram a decomposição dos resíduos orgânicos e finalizaram o ciclo de vida, sendo também decompostos, numa sucessão ecológica, até que o resíduo se estabilize. A terceira e última fase completa a humificação. A estabilização química indica que as substâncias presentes não estão mais reagindo entre si dentro do composto, apenas adquirindo tamanho, estrutura e conformação, ou seja, estabilidade física (BALDOTTO, 2006). Tendo em vista as três fases nas quais passa a matéria orgânica até a humificação, provavelmente o composto fermentado complete a segunda e terceira fase já em contato com o solo e a CCPP se mostra com uma técnica sensível e rápida para a avaliação da proporção dentre a fração ácido fúlvico e ácido húmico.

**Tabela 29.** Comparação entre as médias dos valores da largura da zona intermediária da CCPP do Horizonte B1 de um Argissolo Vermelho submetido a doses crescentes de composto fermentado.

Época de amostragem	Largura da zona externa
	(cm)
45	1,03 b
90	1,95 a
CV (%)	12,27

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Em relação à correlação negativa entre a textura da zona intermediária e os teores de ácidos húmicos e da matéria orgânica, a teoria de Unger et al (2006) sobre a formação dos canais CCPP pode ser aplicada. Sendo o índice de textura calculado pelas nuances das tonalidades de cinza, que está diretamente atrelada aos canais formados no cromatograma, que por sua vez, de acordo com os autores, se formam devido a movimentação das substâncias com menor peso molecular e menor polaridade. Baseado nessa relação podemos inferir que quanto menor a concentração de compostos pesados e com maior polaridade, mais facilidade terá os compostos como o ácido fúlvico, enzimas e outros compostos mais leves extraídos pelo NaOH em formar os canais.

A análise de variância dos valores do índice de textura da zona intermediária apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em razão da época de amostragem, comprovando a relação positiva direta entre a textura dessa zona na CCPP e o tempo de incubação. Como visto até agora, nos dois perfis de solo (Horizonte A e B1 do Argissolo Vermelho), o composto fermentado tende ao longo do tempo em aumentar a concentração da fração ácido fúlvico e diminuir a fração ácido húmico, sendo essa relação detectada pela CCPP pelo índice de textura das zonas, tendo como premissa a teoria da formação dos canais.

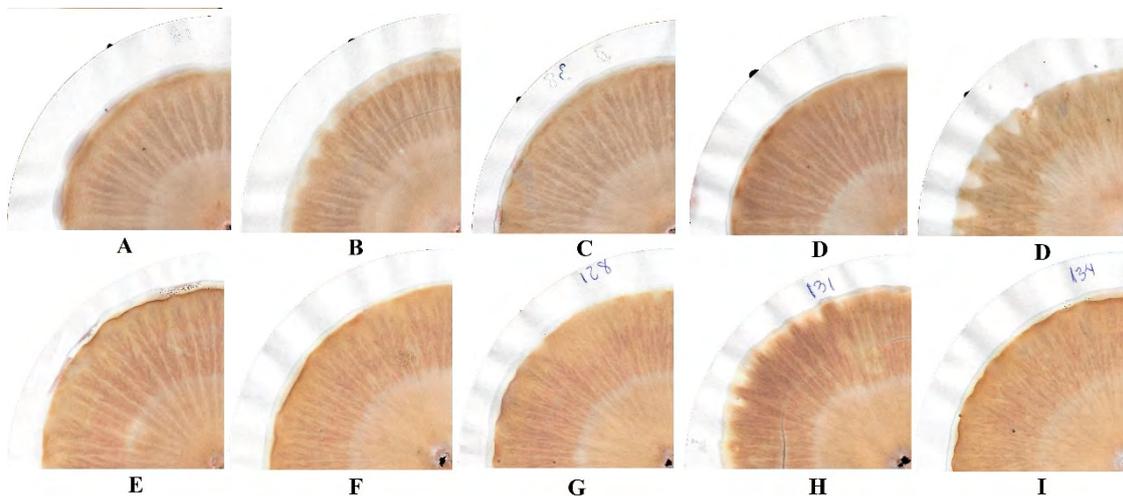
A análise de variância em relação aos teores de matéria orgânica e concentração da fração ácido húmico nas amostras se mostraram significativa ( $p < 0,05$ ) em função do tempo de incubação, confirmando a relação inversa entre o padrão da corrida cromatográfica, em relação à textura da zona intermediária, e a concentração da fração ácido húmico e do teor de matéria orgânica (Tabela 30).

**Tabela 30.** Comparação entre as médias dos valores da textura da zona intermediária, concentração da fração ácido húmico e do teor de matéria orgânica da CCPP do Horizonte B1 de um Argissolo Vermelho submetido a doses crescentes de composto fermentado.

<b>Teste de médias da textura de parâmetros da CCPP</b>			
<b>Época de amostragem (dias)</b>	<b>Textura da zona intermediária (cm)</b>	<b>Ácido Húmico (<math>\text{g kg}^{-1}</math>)</b>	<b>Matéria Orgânica (%)</b>
45	5,14 b	15,36 a	2,22 a
90	5,74 a	10,29 b	1,44 b
CV	5,11	33,41	53,32

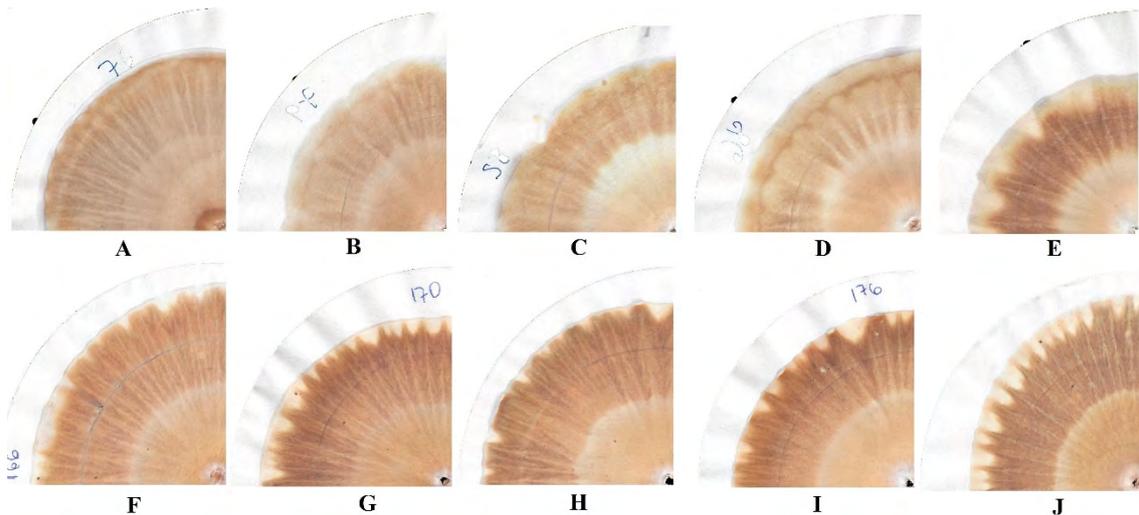
Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Na comparação visual da CCPP das amostras do Horizonte B1 do Argissolo Vermelho submetido a doses crescentes de vermicomposto é possível perceber que ao longo do tempo e nas doses mais elevadas há a formação da zona externa, que pode corresponder ao incremento da fração ácido fúlvico, como demonstrou a matriz de correlação (Figura 38).



**Figura 21.** Evolução dos padrões da CCPP de doses crescentes de vermicomposto ao longo do tempo em um Horizonte B1 de um Argissolo Vermelho. **A-** Dose 0 de vermicomposto aos 45 dias de incubação; **B-** Dose de 20 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; **C-** Dose de 40 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; **D-** Dose de 80 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; **E-** Dose de 160 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; **F-** Dose 0 de vermicomposto aos 90 dias de incubação; **G-** Dose de 20 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação; **H-** Dose de 40 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação; **I-** Dose de 80 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação e **J-** Dose de 160 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação.

Na CCPP dos tratamentos submetidos às doses de composto fermentado é possível visualizar o padrão dos canais que se tornaram mais complexos em relação ao incremento nas doses de composto fermentado e em função do tempo de incubação. Também é possível visualizar o aumento de depósitos que formam a zona externa proporcionalmente ao aumento da complexidade dos canais, nas doses maiores e com maior tempo de incubação (Figura 39).



**Figura 22.** Evolução dos padrões da CCPP de doses crescentes de composto fermentado ao longo do tempo em um Horizonte B1 de um Argissolo Vermelho. A- Dose 0 de composto fermentado aos 45 dias de incubação; B- Dose de 20 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; C- Dose de 40 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; D- Dose de 80 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; E- Dose de 160 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; F- Dose 0 de composto fermentado aos 90 dias de incubação; G- Dose de 20 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação; H- Dose de 40 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação; I- Dose de 80 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação e J- Dose de 160 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação.

### **3.3 Interpretação dos padrões da CCPP de amostras de solo do Horizonte E de um Planossolo Háptico submetido a diferentes doses de vermicomposto e composto fermentado.**

O Horizonte E de um Planossolo Háptico também foi submetido aos tratamentos com doses crescentes de vermicomposto e composto fermentado no intuito de melhor compreendermos os mecanismos envolvidos na técnica da CCPP. Esse perfil de solo se diferencia dos perfis de solos anteriores principalmente devido à sua concentração de argila, 70 % menor do que o Horizonte A do Argissolo Vermelho e 75,5 % menor do que o Horizonte B1 do Argissolo Vermelho. A concentração de carbono orgânico no Horizonte E do Planossolo também é menor do que aquelas concentrações encontradas no Horizonte A e B1 do Argissolo Vermelho, apresentando concentração 26,4% e 12,24 % menores, respectivamente.

Os valores dos parâmetros avaliados na CCPP do Horizonte E de um Planossolo Háptico em relação às doses de vermicomposto e composto fermentado, assim como do tempo de incubação, bem como seus respectivos desvios padrões, estão apresentados na Tabela 31.

**Tabela 31.** Valores dos parâmetros analisados da CCPP para os diferentes tratamentos e épocas de amostragem referentes ao Horizonte E de um Planossolo Háplico.

Adubo	Época	Dose	Raio	Raio	Larg.	Larg.	Textura	Textura	Padrão de Desenv.
			total	Z. central	Z. Inter.	Z. externa	Z. central	Z. Inter.	
			----- cm -----						
VC	45	0	6,09	3,09	2,85	0,39	5,29	5,30	1
		20	6,34	3,47	2,81	0,26	4,94	5,46	1
		40	5,77	2,57	3,16	0,00	5,12	5,63	1
		80	6,14	2,89	3,09	0,00	4,87	5,19	2
		160	6,30	3,69	2,97	0,35	5,07	5,81	3
VC	90	0	5,90	3,05	2,97	0,30	4,93	5,73	1
		20	6,00	3,04	2,85	0,30	4,98	5,52	1
		40	6,25	3,25	2,82	0,00	4,90	5,19	2
		80	6,36	3,52	2,86	0,40	4,57	5,84	2
		160	6,15	3,20	2,95	0,00	4,52	5,28	4
CF	45	0	6,09	3,09	2,85	0,39	5,29	5,30	1
		20	6,12	3,22	2,77	0,00	5,46	5,50	1
		40	5,89	3,04	2,48	0,00	5,23	5,06	1
		80	6,00	2,82	2,97	0,00	5,19	5,73	2
		160	5,57	2,55	2,43	1,02	5,08	5,45	3
CF	90	0	5,90	3,05	2,97	0,30	4,93	5,73	1
		20	6,27	3,18	3,07	0,64	4,82	5,94	2
		40	6,20	3,13	3,07	0,53	4,97	5,91	2
		80	6,30	2,99	2,94	0,47	4,49	6,07	3
		160	6,30	3,30	3,00	0,73	5,00	6,20	3

Houve correlação linear significativa entre a largura da zona externa, textura das zonas central e intermediária em relação ao tempo de incubação. Também foi verificada correlação significativa entre a textura da zona central e a concentração da fração ácido fúlvico e da largura da zona intermediária da CCPP em função da fração ácido húmico (Tabela 32).

**Tabela 32.** Matriz de correlação entre atributos químicos da fração orgânica e teores de matéria orgânica, nitrogênio e carbono do Horizonte E de um Planossolo Háplico, incubado com doses crescentes de vermicomposto, analisado em duas épocas de amostragem.

	Vermicomposto						
	Época	Dose	AF AH		Teor de M.O	Nitrogênio	Carbono
			---- g kg <sup>-1</sup> ----				
Raio total	0,64*	-0,51*	0,50*	-0,01*	-0,30*	-0,39*	-0,30*
Raio zona central	0,97**	0,02*	0,67*	0,26*	0,26*	0,06*	0,26*
Largura zona intermediária	-0,20*	-0,14*	-0,31*	0,75**	-0,41*	-0,51*	-0,41*
Largura zona externa	0,73**	0,00*	0,42*	0,40*	0,30*	0,23*	0,30*
Textura zona central	0,95**	0,07*	0,77**	0,22*	0,31*	0,18*	0,31*
Textura zona intermediária	0,83**	0,22*	0,39*	0,17*	0,45*	0,14*	0,45*
Padrão de desenvolvimento	0,25*	0,66*	-0,22*	0,45**	0,60*	0,31*	0,60*

A largura da zona externa e texturas das zonas central e intermediária apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em relação ao tempo de incubação (Tabela 33). Esses resultados do padrão da CCPP corroboram com aqueles encontrados para os perfis de solo analisados anteriormente, onde a largura da zona externa, assim como os índices de textura das zonas central e intermediária apresentam maiores valores em função do tempo de incubação dos solos e da concentração da fração ácido fúlvico. Uma possível explicação para essa relação é a teoria da formação das substâncias húmicas proposta por Walksman, onde a partir da ação dos microrganismos sobre a lignina após reações de dimetilação, oxidação e condensação, com compostos nitrogenados, são formados os ácidos húmicos e sua posterior fragmentação em moléculas menores formam os ácidos fúlvicos, o que nos permite compreender temporalmente o fenômeno.

**Tabela 33.** Comparação entre as médias dos valores da largura da zona externa, largura da zona intermediária e índices de textura das zonas central e intermediária da CCPP do Horizonte E de um Planossolo Háplico submetido a doses crescentes de vermicomposto.

Época de amostragem (dias)	Largura da zona externa (cm)	Largura da zona intermediária (cm)	Textura da zona central	Textura da zona intermediária
45	0,31 b	1,62	4,78 b	5,38 b
90	1,06 a	2,96	5,17 a	5,68 a
CV (%)	50,87	13,56	4,46	4,13

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A sensibilidade da técnica da CCPP em estabelecer correlação significativa forte entre a largura da zona externa e textura das zonas central e intermediária com a concentração da fração ácido fúlvico pode elevar a CCPP ao patamar de técnica de grande interesse para a avaliação e análise da concentração dessas frações nos diferentes tipos de solo. A textura das zonas central e intermediária apresentou forte correlação com a concentração da fração ácido fúlvico, indo de encontro novamente com a teoria de Unger et al (2006) sobre a formação dos canais a partir dos compostos mais leves e menos polares como a fração ácido fúlvico, principalmente.

A análise de variância apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) da concentração da fração ácido fúlvico e fração ácido húmico em relação ao tempo de incubação (Tabela 34).

**Tabela 34.** Comparação entre as médias dos valores da textura da largura da zona externa, textura da zona central e textura da zona externa da CCPP do Horizonte E de um Planossolo Háplico submetido a doses crescentes de vermicomposto.

Época de amostragem (dias)	Ácido Fúlvico ( $\text{g kg}^{-1}$ )	Ácido Húmico ( $\text{g kg}^{-1}$ )
45	3,62 b	11,62 b
90	4,67 a	15,91 a
CV (%)	29,68	21,46

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Semelhante à correlação entre largura da zona externa e textura das zonas central e intermediária em relação à concentração da fração ácido fúlvico, se torna evidente no experimento com o Horizonte E do Planossolo, a forte relação entre a largura da zona

intermediária e a concentração de ácido húmico nas amostras. O aumento no conteúdo de ácidos húmicos pode ser um indicador da melhoria da qualidade do húmus do solo ou do incremento da atividade biológica que promove a síntese de substâncias húmicas mais condensadas (ORLOV, 1998), permitindo apontarmos a CCPP como uma técnica promissora para a rápida observação dos padrões de humificação nos diferentes tipos de solo.

A matriz de correlação para os tratamentos com composto fermentado apresentou correlação linear significativa positiva entre o raio da zona central e a fração ácido húmico; a largura da zona intermediária e os teores de matéria orgânica, nitrogênio e carbono; da textura da zona intermediária em relação às doses de composto fermentado; e do padrão de desenvolvimento em função das doses (Tabela 35).

**Tabela 35.** Matriz de correlação entre atributos químicos da fração orgânica e teores de matéria orgânica, nitrogênio e carbono do Horizonte E de um Planossolo Háplico, incubado com doses crescentes de composto fermentado, analisado em duas épocas de amostragem.

	Composto fermentado						
	Época	Dose	AF AH		Teor de M.O	Nitrogênio %	Carbono
			---- g kg <sup>-1</sup> ----				
Raio total	0,65*	0,04*	-0,21*	0,60*	0,54*	0,54*	0,54*
Raio zona central	0,73**	-0,58*	-0,58*	0,75**	-0,07*	-0,01*	-0,07*
Largura zona intermediária	0,20*	0,69*	0,38*	0,15*	0,73**	0,72**	0,73**
Largura zona externa	0,67*	0,19*	-0,23*	0,47*	0,18*	0,22*	0,18*
Textura zona central	0,29*	0,23*	0,30*	-0,04*	0,07*	0,03*	0,07*
Textura zona intermediária	0,35*	0,77**	0,27*	-0,04*	0,36*	0,55*	0,36*
Padrão de desenvolvimento	0,09*	0,76**	0,38*	-0,07*	0,36*	0,37*	0,36*

O raio da zona central do cromatograma é o ponto onde passam todos os compostos e nessa região se acumulam aqueles compostos mais pesados e com maior polaridade (COLLINS et al., 2006). Assim sendo, é esperado que esse parâmetro da CCPP esteja diretamente relacionado à concentração da fração ácido húmico, aquela com maior peso e maior polaridade dentre as substâncias húmicas extraídas das

amostras de solo pelo NaOH. Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) do raio da zona central e da concentração da fração ácido húmico em função do tempo de incubação (Tabela 36), podendo evidenciar que, nesse caso, o processo de humificação da matéria orgânica apresenta tendência ao longo do tempo do aumento da concentração da fração ácido húmico.

O parâmetro textura da zona intermediária apresentou diferença significativa em relação ao tempo de incubação (Tabela 36) e em função das doses de composto fermentado (Figura 35)

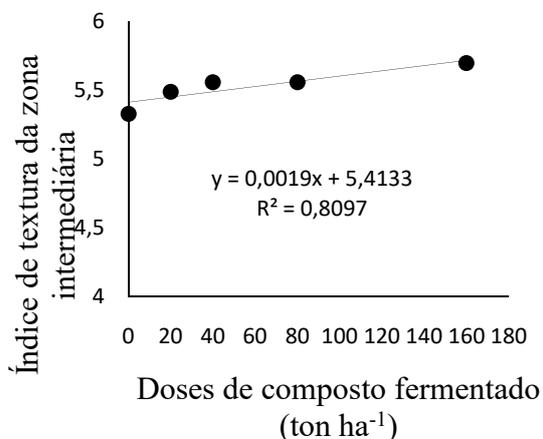
**Tabela 36.** Comparação entre as médias dos valores do raio da zona central, concentração da fração ácido húmico e textura da zona intermediária da CCPP do Horizonte E de um Planossolo Háptico submetido a doses crescentes de composto fermentado.

<b>Época de amostragem (dias)</b>	<b>Raio zona central (cm)</b>	<b>Ácido Húmico (g kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Textura zona intermediária</b>
45	2,94 b	9,32 b	4,38 b
90	3,45 a	16,68 a	5,68 a
CV (%)	13,53	24,70	11,46

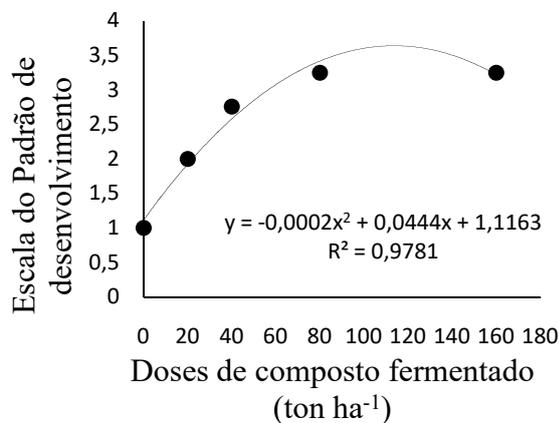
Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Houve aumento no valor do índice de textura da zona intermediária em relação às doses de composto fermentado, podendo indicar também o aumento da concentração de substâncias mais leves e menos polares em função do aumento das doses de composto fermentado. Tal fato pode ser visto como um indicador da sensibilidade da técnica em detectar o aumento da concentração das frações húmicas nas amostras de solo.

A

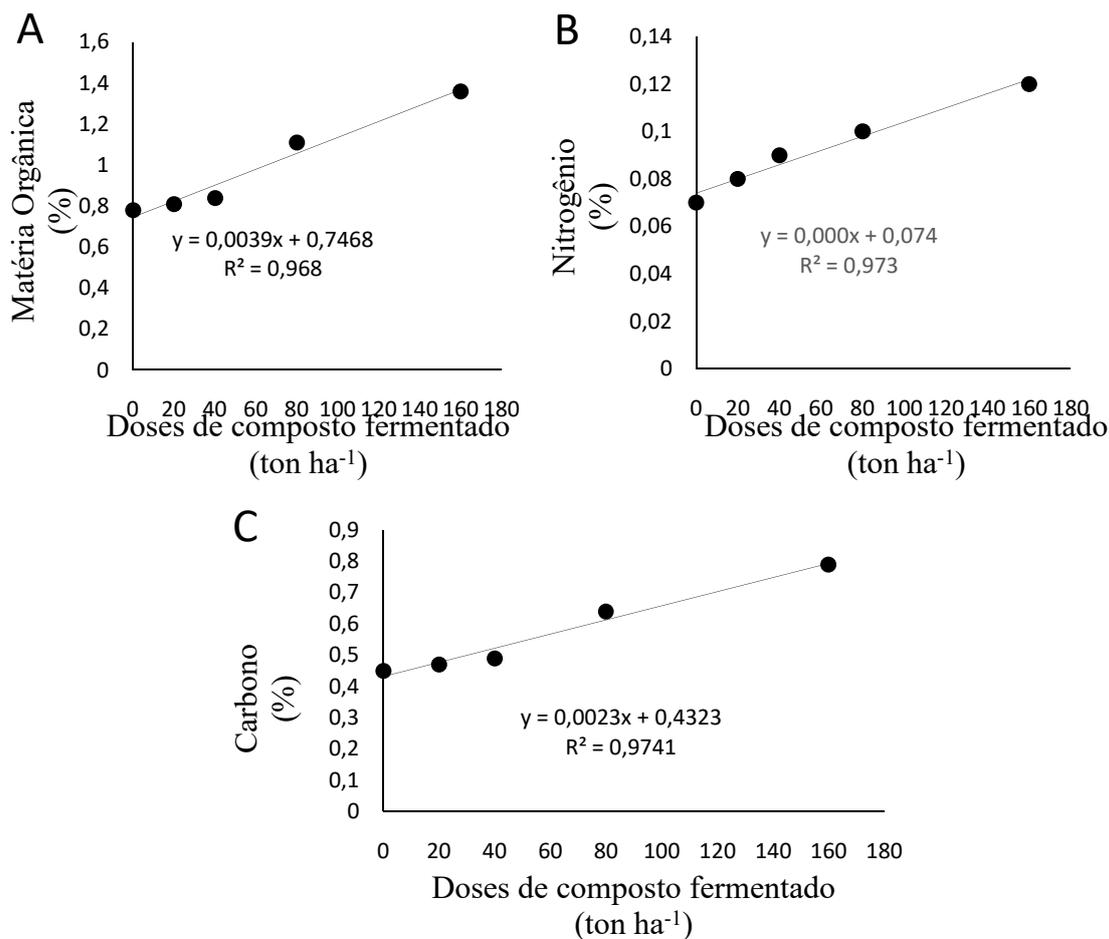


B



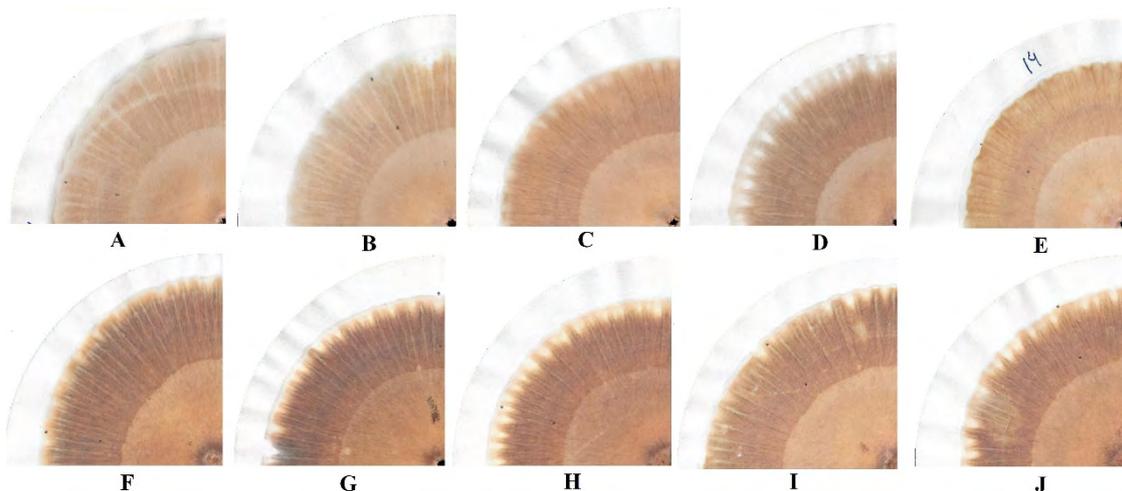
**Figura 23.** A- Índice de textura da CCPP do Horizonte E de um Planossolo Háplico em função de doses crescentes de composto fermentado; B- Escala do padrão de desenvolvimento da CCPP do Horizonte E de um Planossolo Háplico em função de doses crescentes de composto fermentado.

A largura da zona intermediária apresentou correlação significativa positiva com os teores de matéria orgânica, nitrogênio e carbono nas amostras incubadas com composto fermentado. Por suposto, quanto maior a quantidade de composto fermentado (matéria orgânica) adicionado ao solo, maior também será a quantidade de carbono e nitrogênio presente nas substâncias húmicas das amostras de solo e da fração ácido húmico, principal fração que compõe a zona intermediária. O padrão de largura da zona intermediária corresponde diretamente à adição de matéria orgânica via composto fermentado. Os teores de matéria orgânica, nitrogênio e carbono se diferenciaram estatisticamente ( $p < 0,05$ ) em função das doses de composto fermentado, em concordância com o que apontou o parâmetro largura da zona intermediária (Figura 41).



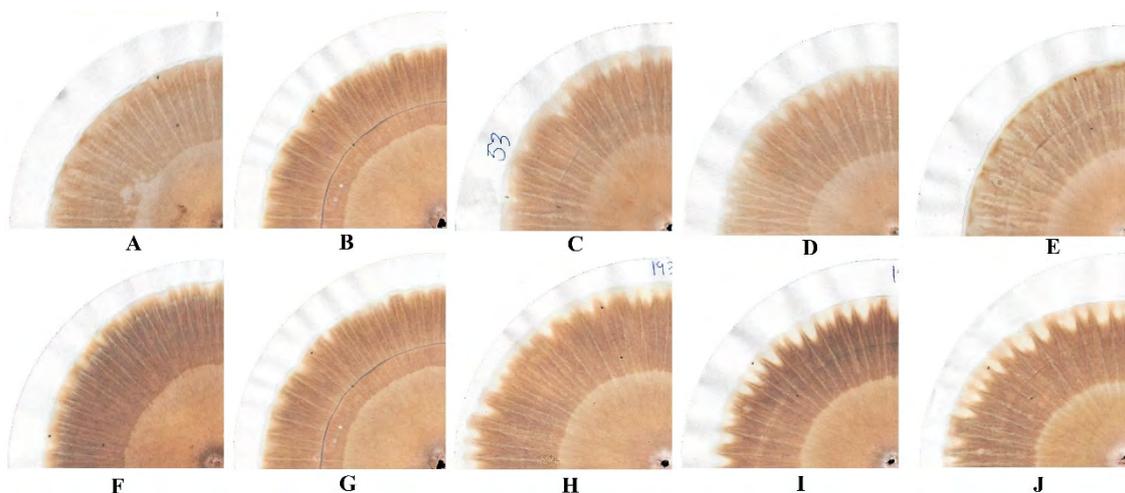
**Figura 24.**A- Teores de matéria orgânica no Horizonte E de um Planossolo Háplico incubado com doses crescentes de composto fermentado; B- Teores de nitrogênio no Horizonte E de um Planossolo Háplico incubado com doses crescentes de composto fermentado; C- Teores de carbono no Horizonte E de um Planossolo Háplico incubado com doses crescentes de composto fermentado.

Ao analisarmos visualmente os padrões de desenvolvimento da CCPP das amostras de solo incubadas com vermicomposto é possível observar a mudança na largura da zona externa, ao longo do período de incubação, assim como o aumento do número de canais de uma época amostral para a outra e em relação ao incremento das doses de vermicomposto, refletindo diretamente no índice textural.



**Figura 25.** Evolução dos padrões da CCPP de doses crescentes de vermicomposto ao longo do tempo no Horizonte E de um Planossolo Háplico. A- Dose 0 de vermicomposto aos 45 dias de incubação; B- Dose de 20 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; C- Dose de 40 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; D- Dose de 80 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; E- Dose de 160 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 45 dias de incubação; F- Dose 0 de vermicomposto aos 90 dias de incubação; G- Dose de 20 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação; H- Dose de 40 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação; I- Dose de 80 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação e J- Dose de 160 ton ha<sup>-1</sup> de vermicomposto aos 90 dias de incubação.

Visualmente os padrões de evolução da CCPP dos tratamentos incubados com composto fermentado mostram o aumento da largura da zona externa ao longo do tempo, mostrando o possível incremento na concentração da fração ácido fúlvico, o que reflete diretamente no aumento da textura da zona intermediária devido à formação dos canais por esses compostos. Há também o aumento do raio da zona central e largura da zona intermediária em função da época e das doses de composto fermentado utilizadas, possivelmente devido à maior concentração da fração ácido húmico, mostrando a sensibilidade da técnica em apontar as diferentes concentrações das substâncias húmicas em amostras de solo.



**Figura 26.** Evolução dos padrões da CCPP de doses crescentes de composto fermentado ao longo do tempo em um Horizonte E de um Planossolo Háplico. A- Dose 0 de composto fermentado aos 45 dias de incubação; B- Dose de 20 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; C- Dose de 40 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; D- Dose de 80 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; E- Dose de 160 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 45 dias de incubação; F- Dose 0 de composto fermentado aos 90 dias de incubação; G- Dose de 20 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação; H- Dose de 40 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação; I- Dose de 80 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação e J- Dose de 160 ton ha<sup>-1</sup> de composto fermentado aos 90 dias de incubação.

### 3.4 A CCPP e seus padrões de cores

Pela razão de minimizar ao máximo a utilização de parâmetros visuais e não termos identificados softwares capazes de fazer a classificação dos padrões complexos de cores da CCPP, o presente estudo não considerou as cores dos cromatogramas como critério para a avaliação dos padrões. No entanto, pela observação visual dos cromatogramas é possível perceber a diferenciação da matiz das cores de um tratamento para o outro, assim como de um tipo de solo para o outro. O intuito desse breve item é lançar luz e trazer para a discussão o que foi observado em relação às cores da CCPP.

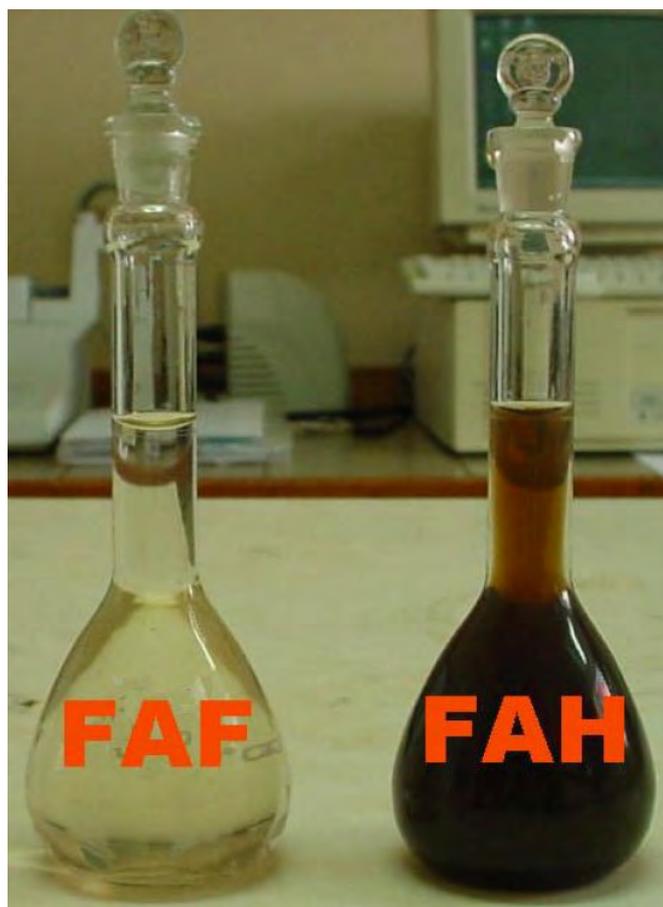
Para compreendermos melhor a formação das cores na CCPP pelo sal de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) podemos comparar o disco de papel filtro à um negativo fotográfico. Os sais de prata empregados nos filmes fotográficos são o nitrato, cloreto, brometo e iodeto, sendo o nitrato o sal de prata mais utilizado até hoje (SALES, 2004).

Os haletos, ou sais de prata, modificam-se rapidamente com a ação da luz, enegrecendo-se na mesma proporção em que recebem luz, formando tons que variam do negro (muita luz) ao cinza claro (pouca luz).

Na fotografia colorida contêm uma emulsão de sais de prata sensíveis à luz que também se enegrecem na razão direta da proporção de luz que recebem. O que lhes dá a cor é uma série de pigmentos orgânicos coloridos, que agem juntamente com os haletos de prata (SALES, 2004). Na CCPP os pigmentos orgânicos inerentes de cada substância eluída confere sua cor característica fazendo o mesmo efeito dos pigmentos coloridos no filme fotográfico.

Rudolf Steiner e Ehrenfried Pfeiffer, o criador da técnica da CCPP, são mais poéticos em seus estudos sobre o elemento prata. Na visão antroposófica a prata é considerada um elemento formador, não como algo que gera, mas como algo que dá forma, ou seja, contornos. Uma maneira diferente de ressaltar o potencial do elemento prata em desenhar contornos, com auxílio da luz, e formar figuras representativas.

Portanto, os sais de prata têm a função de revelar a cor e a forma da corrida cromatográfica, onde cada substância eluída apresenta uma pigmentação diferente (Figura 39), nos permitindo identificar cada fase da corrida no cromatograma.



**Figura 27.** Balões volumétricos de 50 ml com as frações ácido fúlvico (FAF) e ácido húmico (FAH) (BENITES et al., 2003).

Levando em consideração que cada fração das substâncias húmicas, devido ao grau de polimerização das moléculas, possui peso molecular, polaridade e cor diferentes (STEVENSON, 1982), é possível que as frações das substâncias húmicas ao serem reveladas pelo nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) imprimam sua cor e sejam identificadas ao longo da corrida. Essa observação se confirma quando comparado o posicionamento das frações na CCPP com a cor, peso molecular e polaridade das mesmas.

De acordo com a classificação e propriedade conhecidas das substâncias húmicas (Tabela 37), da fração com menor peso molecular total para a de maior peso molecular total temos na sequência: fração ácido fúlvico, ácido himatomelânico, ácido húmico pardo e ácido húmico cinzento. Ao avaliarmos um exemplo de cromatograma do experimento de incubação podemos visualizar todas as zonas da CCPP e fazer algumas inferências.



**Figura 28.** Cromatograma do Horizonte E de um Planossolo incubado por 90 dias submetido ao tratamento de  $160 \text{ ton ha}^{-1}$  de composto fermentado. A – Fração ácido húmico cinzento; B – Fração ácido húmico pardo; e C- Fração ácido fúlvico.

Na zona demarcada pela letra A, mais próximo do centro do cromatograma, provavelmente se concentra a fração ácido húmico cinzento, com maior peso molecular e polaridade. Na zona marcada pela letra B provavelmente se concentra a fração ácido húmico pardo, com maior peso molecular e polaridade do que a fração ácido fúlvico, porém mais leve e com menor polaridade do que a fração ácido húmico cinzento. Por fim, a zona demarcada pela letra C aparentemente se concentra a fração ácido fúlvico e as demais substâncias de baixo peso molecular extraídas pelo hidróxido de sódio.

**Tabela 37.** Classificação e propriedade das substâncias húmicas (OSAKI, 1991).

Propriedades das substâncias húmicas					
Característica	Ácidos fúlvicos	Ácido himatomelânico	Ácidos húmicos		Humina
			Ácido húmico pardo	Ácido húmico gris	
Cor	Amarelo ou castanho	Marrom	Marrom escuro	Cinza-preto	Preto
Solubilidade em:					
Brometo de acetila	Solúvel	Solúvel	Insolúvel	Insolúvel	Insolúvel
Água	Solúvel	Insolúvel	Insolúvel	Insolúvel	Insolúvel
Álcool	Solúvel	Solúvel	Insolúvel	Insolúvel	Insolúvel
Soda	Solúvel	Solúvel	Solúvel	Solúvel	Insolúvel
Conteúdo de carbono	43 – 52%	58 – 62%	50 – 60%	58 – 62%	Variável
Peso atômico equivalente	100	150 – 200	250	300	Variável

#### 4 Conclusões

1. O índice de textura das zonas central e intermediária da CCPP está diretamente relacionada à concentração da fração ácido fúlvico, provavelmente devido ao baixo peso molecular e baixa polaridade característicos dessa fração e a formação de canais ao longo do cromatograma.

2. A largura da zona externa da CCPP apresenta forte relação com a concentração da fração ácido fúlvico nas amostras de solo.

3. A largura da zona intermediária da CCPP apresenta forte correlação com o teor de matéria orgânica, carbono, nitrogênio e fração ácido húmico, podendo ser um indicador da concentração dos mesmos nas amostras de solo.

4. A CCPP apresenta grande potencial para a análise do processo de humificação nos solos de agroecossistemas sob produção orgânica onde houve um grande aporte de matéria orgânica via adubação.

5. É necessário o desenvolvimento de mais padrões da CCPP em relação aos diversos tipos de solos agrícolas e sua resposta à fertilização com adubos orgânicos. É interessante, sob o ponto de vista prático, o desenvolvimento de softwares de classificação de imagens apropriados para a interpretação dos padrões cromatográficos da CCPP.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos propostos no trabalho foram alcançados possibilitando a melhor compreensão da relação envolvendo a fertilização com composto orgânico fermentado associado à aplicação de cobertura vegetal morta e a influência em parâmetros indicadores da atividade biológica do solo, assim como avalia a eficiência do composto no crescimento e no desempenho agroeconômico de uma sucessão de cenoura e berta em sistema orgânico de produção.

Nesse sentido, foram inferidas relações existentes entre os teores de carbono da biomassa microbiana, respiração basal, quociente metabólico, atividade da enzima  $\beta$ -glicosidase e da hidrólise do diacetato de fluoresceína, do solo e a fertilização com um composto orgânico fermentado confeccionado a partir dos farelos de trigo e de mamona inoculados com microrganismos.

A detecção de faixas representando quedas nas tendências dos modelos matemáticos escolhidos predição do comportamento dos parâmetros carbono da biomassa microbiana, respiração basal, quociente metabólico, atividade da enzima  $\beta$ -glicosidase e da hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) em função do aumento nas doses aplicadas de composto orgânico fermentado suscita reflexões novos problemas de pesquisa a respeito de possíveis efeitos tóxicos na comunidade microbiana do solo. Hipoteticamente a toxicidade poderia ser provocada pela presença de constituintes tóxicos como, por exemplo, a ricina presente no farelo de mamona empregado como matéria prima na confecção desse composto.

Foi observada possível influência da interação da fertilização com composto orgânico fermentado com a aplicação de cobertura vegetal morta na produtividade da cultura da cenoura, sendo possível estimar uma dose ótima a partir do que foi observado no experimento. Tal fato poderá servir como parâmetro para a melhor utilização desse fertilizante por agricultores, uma vez que esse tipo de formulação vem sendo amplamente utilizada no âmbito da produção orgânica de base familiar. Verificou-se no decorrer da condução dos experimentos de campo dificuldade no controle de plantas espontâneas competidoras demandando demasiada mão de obra para o devido controle, dificultando a condução dos trabalhos.

A observação do efeito residual da fertilização com composto fermentado observado na sucessão cenoura-bertalha é algo que pode contribuir para a viabilização da utilização do composto fermentado nos cultivos agrícolas. Foi verificada resposta crescente de produção de massa fresca pela cultura da bertalha em função do efeito residual da fertilização com o composto orgânico fermentado na cultura anterior.

O estudo agroeconômico da adubação com composto fermentado aliada à cobertura vegetal morta do solo indicou um caminho interessante em direção ao maior rendimento econômico  $m^{-2}$  da produção agrícola na propriedade rural familiar, evidenciando a importância de espaços de comercialização como feiras de produção orgânica para estimular os agricultores na conversão de seus sistemas produtivos convencionais, com grande aporte de adubos sintéticos e agrotóxicos, em sistemas de produção de base ecológica.

No estudo de correlação dos padrões da CCPP com atributos na matéria orgânica do solo foi possível contribuir para que novos métodos de aferimento e compreensão da dinâmica da matéria orgânica no solo desponham e possam compor o arcabouço de técnicas para tal fim.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKHTAR, M.; MAHMOOD, I. Control of plantparasiticnematoideswithorganic and inorganic amend-ments in agricultural soil. *AppliedSoilEcology*, v. 4. p. 243-247, 1996.

ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, RLD; GUERRA, JGM. Sistema Integrado de Produção Agroecológica: uma experiência de pesquisa em agricultura orgânica. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003, 37p. (Embrapa CNPAB. Documentos, 169).

ALVES, T. D. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. *Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá*, v. 33, n. 2, 2011.

FERNANDES, B.; SYKES, D. J. Capacidade de campo e a retenção de água em três solos de Minas Gerais. *Ceres, Viçosa, MG*, v. 15, n. 83, p.1-39, 1968.

NANNI, M.R.; DEMATTÊ, J.A.M. Spectral reflectance methodology in comparison to tradicional soil analysis. *Soil Science Society of America Journal*, v.70, p.393-407, 2006.

BELLINASSO, H.; DEMATTÊ, J.A.M.; ROMEIRO, S.A. Soil spectral library and its use in soil classification. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, p.861-870, 2010.

ANDERSON, T.H; DOMSCH, K.H. Application of eco-physiological quotients (qCO<sub>2</sub> and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories. *Soil Biology and Biochemistry*, v.22, p.251-255, 1990.

AQUINO NETO, F.R. e NUNES, D.S.S. *Cromatografia: princípios básicos e técnicas afins*. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

Araújo, A.P. Analysis of variance of primary data on plant growth analysis. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p. 1-10, 2003.

BALDOTTO, M. A; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. *Rev. Ceres*, v.61, supl. Viçosa, 2014.

BANSAL, K. C.; UPRETY, D. C.; ABROL, Y. P. Genetic variation in photosynthetic wheat: causes and consequences. In: ABROL, Y. P.; MOHANTY, P.; GOVINDJEE (Ed.) *Photosynthesis: photoreactions to plant productivity*. Dordrecht: Kluwer Academic, 1993. cap.22, p.527-545.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; FIGUEIREDO, S. R.; KLAUBERG-FILHO, O. Efeito do monocultivo de Pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.29, p. 715-724, 2005.

BELANCIC, A.; GUNATA, Z.; VALLIER, M.J.; AGOSIN, E.  $\beta$ -glicosidase from the grape native yeast *Debaryomyces vanriijiae*. Purification, Characterization, and its effects on monoterpene content of a muscated grape juice. *Journal of Agr. Food Chem.* v.51, p. 1453-1459, 2003.

BENINCASA, M.M.P. *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

Bhatia Y.; Misha S.; Bisaria V.S. Microbial  $\beta$ -glucosidases: Cloning, properties and applications. *Crit Rev Biotechnol*. v. 22, p. 375-407, 2002.

BLACKMAN, V.H. The compound interest law and plant growth. *Annals of Botany*, v.33, p.353-360, 1919.

BRASIL. *Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRIGGS, G.E. KIDD, F.A.; WEST, C. A quantitative analysis of plant growth. *Annals of applied Biology*, v.7, p. 202-223, 1920.

BROOKES, P.C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G. & JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology & Biochemistry*, v.17, p.837-842, 1985.

CAMPOS, D. V. B. de; LIMA, E.; ZONTA, E.; BALIEIRO, F. de C.; GUERRA, J. G. M.; POLIDORO, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; FREIRE, L. R.; LEAL, M. A. de A.; PEREIRA, M. G.; FERREIRA, M. B. C. Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, DF: Embrapa; Seropédica, RJ: Universidade Rural, 2013

CAMPOS, R.A.S.; LIMA, G.P.P.; SEABRA JUNIOR, W.; TAKATA, L.H.S.; SILVA, E.G. Crescimento e desempenho de bertalha (*basella alba* l.) em função do tipo de propagação. *Revista Caatinga, Mossoró*, v. 25, n. 4, p. 11-18, 2012.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável: perspectivas para uma nova Extensão Rural. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, v.1, n.1, p.16-37, jan./mar. 2000.

CARLINI, C. R.; SÁ, M. F. G. Plant toxic proteins with insecticidal properties. A review on their potentialities as bioinsecticides. *Toxicon* v. 40, p. 1515-1539, 2002.

CARTER, I.; JOHNSON, C. Influence of different types of mulches on eggplant production. *Hortscience, Alexandria*, v. 23, n. 1, p. 143-145, 1988.

*CEAGESP. Classificação de cenoura: programa de adesão voluntaria. São Paulo, 2000.* (Folder).

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. *Rev. Hortifrutí Brasil: Anuário 2015/2016*. Piracicaba, 2015.

CHAER, G. M. Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos. p.103. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, MG. Viçosa, 2001.

CHAER, G. M.; GAIAD, S.; SANTOS, A. B. dos; GROCHOSKI, R. Caracterização microbiológica do solo. p. 159-173. In: PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; BONNET, A. (Ed.). *Monitoramento da revegetação do COMPERJ: etapa inicial*. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 31, p. 1381-1396, 2007.

COLLINS, C.H., BRAGA, G.L., BONATO, P.S. *Fundamentos de cromatografia*. Campinas: Editora da UNICAMP, 2006.

CORRÊA, M. P. Dicionário de plantas úteis do Brasil e exóticas cultivadas. v.1. Rio de Janeiro: MA/IBDF, 1984. 747p.

CORREA, M.L.P.; GALVÃO, J.C.C.; FONTANETTI, A.; MIRANDA, G.V. SANTOS, M.M. Atividade Microbiana Enzimática (FDA) como Indicador Microbiológico da Qualidade de Solos em Sistemas de Plantio Direto de Milho Orgânico e Convencional. Rev. Bras. De Agroecologia, v.4, n.2, 2009.

COSTA, J. T. A.; SILVA, L. A. da; MELO, F. I. O. Efeitos do turno de rega e cobertura morta na cultura do alho na serra da Ibiapaba, Ceará: I. umidade e temperatura do solo. Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 28, n. 1/2, p. 70-84, 1997.

DADALTO, J.P.; FERNANDES, H.C.; CECON, P.R.; MATOS, A.T. Sistema de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana. Engenharia Agrícola, v. 35, n. 3, p. 506-513, 2015.

DICK, R.P.; BREAKWELL, D.P. & TURCO, R.F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J., eds. Methods for assessing soil quality. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p.247-272.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, SSSA, p.1-20, 1994.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na EMBRAPA solos. Rio de Janeiro, circular técnica nº6, 2000. 41p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. 2ª ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. Adubação verde: estratégia para uma agricultura Sustentável. Adubação verde: Estratégia para uma agricultura sustentável. Seropédica: Embrapa- Agrobiologia, 1997. 20p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 42).

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. (Org.). Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.147-172, 2005.

ESPINDOLA, JAA; GUERRA, JGM; ALMEIDA, DL. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: AQUINO, AM; ASSIS, RL (Org.). Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.147-172, 2005.

EVANS, G.C. The quantitative analysis of plant growth. Londres: Blackweel Sci. Public., p. 734, 1972.

FACELLI, J. M.; PICKETT, S. T. A. Plant litter: light interception and effects of na old field plant community. Ecology, v. 72, n. 3, p. 1024-1031, 1991.

FALCÃO, J.V.; LACERDA, M.P.C.; MENDES, I.C; LEÃO, T.P.; CARMO, F.F. Qualidade do solo cultivado com morangueiro sob manejo convencional e orgânico. Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 43, n. 4, p. 450-459, 2013.

FAURE, D. The Family-3 Glycoside Hydrolases: from Housekeeping Functions to Host-Microbe Interactions. Applied and Environmental Microbiology v. 68, n. 4, p. 1485–1490, 2002.

FERREIRA S.; SOUZA R. J.; GOMES L. A. A. Produtividade de brócolis de verão com diferentes doses de bokashi. Revista Agrogeoambiental, v. 5, p.31-38, 2013.

FERREIRA, DF. 2003. Sistemas de análise estatística para dados balanceados. Lavras: UFLA/DEX/SISVAR, 145p.

FIALHO, J. F.; BORGES, N. F.; BARROS, N. F. Cobertura vegetal e as características químicas e físicas e atividade da microbiótica de um latossolo vermelho-amarelo distrófico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 21-28, 1991.

FONSECA, A.C.O. Viabilidade de substratos orgânicos e NPK na cultura do amendoimzeiro (*Arachishypogaea* L.) em um Latossolo do Recôncavo Baiano. 2005. 78p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Escola de Agronomia. Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.

GARDNER JR., H.K.; D'AQUIN, E.L.; KOULTUN, S.P.; McCOURTNEY, E.J.; VIX, H.L.E.; GASTROCK, E.A. Detoxification and deallergenization of Castor Beans. The Journal of the American Oil Chemists Society. v.37, p.142-148, 1960.

GAVIOLA, F. R.; COSTA, M. B. P. As múltiplas funções da agricultura familiar: um estudo no assentamento Monte Alegre, região de Araraquara (SP). Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 49, n. 2, p. 449-472, 2011.

GERARDI, C.; BLANDO, F.; SANTINO, A.; ZACHEO, G. Purification and characterization of a  $\beta$ -glucosidase abundantly expressed in ripe sweet cherry (*Prunus avium* L.) fruit. Plant Science v.160, p.795-805, 2001.

GHINI, R. et al. Método de hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) como indicador de atividade microbiana no solo e supressividade a *Rhizoctonia solani*. Summa Phytopathologica, Jaguariúna, v.24, n.3/4, p.239-241, 1998.

GIFFORD, R.M.; THORNE, J.H.; HITZ, W.D.; GIAQUYNTA, R.T. Crop productivity and photoassimilate partitioning. *Science*, v. 225, n. 4664, p. 801 – 808, 1984.

GREEN, V.S., STOTT, D.E.; CRUZ, J.C.; CURI, N. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian CerradoOxisol. *SoilTillage Res.* v.92, p.114–121, 2007.

GUIMARÃES, M. O.; RESENDE, F. V.; SOUZA, R. B.; MOITA, A. W.; LIMA, J. L. Composto de farelos, tipo *bokashi* ® para o cultivo da abobrinha italiana(*Cucurbita pepo*) em sistema orgânico de produção. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008.

HAFLE, O. M. et al. Produção de mudas de mamoeiro utilizando bokashi e lithothamnium. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 245-251, 2009.

HALL, D. O.; LONG, S. P. Photosynthesis and the changing environment. In: HALL, D. O.; SCURLOCK, J. M. O.; BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; LEEGOOD, R.C.; LONG, S. P. (Ed.) *Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual*. London: Chapman & Hall, 1993. p.23- 27.

HEWETSON, J.F.; RIVERA, V.R.; CREASIA, D.A.; LEMLEY, P.V.; RIPPY, M.K.; POLI, M.A. Protection of mice from inhaled ricin by vaccination with ricin or by passive treatment with heterologous antibody. *Vaccine*, v. 11, n. 7, p.743-746, 1993.

HIGA, T.; KINJO, S. Effect os lactic acid fermentation on plant growth and soil húmus formation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KYUSEI NATURE FARMING, 1, KhonKaen, 1989. *Proceedings: Whashington: Agricultural research servisse/USDA*. p. 153-162, 1991.

HIGA, T.; PARR, J.F. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture. *Internacional Nature Farming Research Center*, p. 16, 1994.

HOMMA, SK. *Nutri-Bokashi em respeito a natureza*, São Paulo: Fundação MokitiOkada, 2003.47p.

Hunt, R. *Plant growth curves: The functional approach to plant growth analysis*. London, Edward Arnold, 1982.

IFOAM – INTERNATIONAL FOUNDATION FOR ORGANIC AGRICULTURE MOVEMENTS. 2016. *The OrganicGuarantee System offfoam*. Disponível em: <<https://goo.gl/ViSXko>>. Acesso em: 18 abr. 2017.

IFOAM. *The IFOAM norms for organic production and processing; version 2005*. Disponível em:

[http://www.ifoam.org/about\\_ifoam/standards/norms/norm\\_documents\\_library/Norms\\_E\\_NGV4\\_20090113.pdf](http://www.ifoam.org/about_ifoam/standards/norms/norm_documents_library/Norms_E_NGV4_20090113.pdf).

INSAM, H.; DOMSCH, K. H. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. *Microbial Ecology*, v. 15, n. 4, p. 177-188, 1988.

IPEA. Fiscais da saúde dos alimentos – Empresa de Botucatu é exemplo de certificadora de produtos orgânicos. Disponível em: <[http://desafios.ipea.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1417:catid=28&Itemid=23](http://desafios.ipea.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1417:catid=28&Itemid=23)>. Acesso em: 05 novembro 2016.

JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal on metabolism in soil – V: a method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, v.8, p.209-213, 1976.

KANDELER, E.; TSCHERKO, D.; SPIEGEL, H. Long-term monitoring of microbial biomass, N mineralization and enzyme activities of a Chernozem under different tillage management. *Biology and Fertility of Soils*, v.28, p.343-351, 1999.

Khaliq A, Abbasi MK, Hussain T. Effects of integrated use of organic and inorganic nutrient sources with effective microorganisms (EM) on seed cotton yield in Pakistan. *BioresourTechnol*. V. 97, p. 967–972, 2006.

KINUPP, V. F. Riqueza de plantas alimentícias não-convencionais na região metropolitana de Porto Alegre. In: *Plantas alimentícias não-convencionais da Região Metropolitana de Porto Alegre*, RS. Porto Alegre. 562 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

KLING, S.H. Estudo da solubilidade das proteínas da mamona. 1974. 67p. Dissertação de Mestrado. UFRJ, Rio de Janeiro.

LEHNINGER, A.L. *Princípios de bioquímica*. 725 p. São Paulo: Sarvier, 2002.

LORD, J.M.; ROBERTS, L.M.; ROBERTUS, J.D. Ricin: structure, mode of action and some current applications. *The FASEB Journal*, v. 8, p. 201-208. 1994.

LOW, N.H.; PONTOH, J. Purification and characterization of a  $\beta$ -glucosidase from honey bees (*Apis mellifera*). *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. v. 32, p. 679-690, 2002.

MADEIRA, N. R.; SILVA, P. C.; BOTREL, N.; MENDONÇA, J. L. de; SILVEIRA, G. S. R.; PEDROSA, M. W. Manual de produção de hortaliças tradicionais. 155 p. Embrapa, Brasília, DF, 2013.

MAGRINI, F. E.; CAMATTI-SARTORI, V.; VENTURIN, L.. Avaliação Microbiológica, pH e Umidade de Diferentes Fases de Maturação do Biofertilizante Bokashi. Rev. Bras. de Agroecologia, v.4, n.2, p.431-435, 2009.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2010. Manual de hortaliças não-convencionais. Brasília: MAPA/ACS, 92 p. Disponível em <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/vegetal/Qualidade/Qualidade%20dos%20Alimentos/manual%20hortaliças\\_WEB\\_F.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/vegetal/Qualidade/Qualidade%20dos%20Alimentos/manual%20hortaliças_WEB_F.pdf)>. Acesso em: 28 de out. 2016.

MAPA. Agricultura orgânica deve movimentar R\$ 2,5 bi em 2016. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/10/agricultura-organica-deve-movimentar-r-2-5-bi-em-2016>> Acesso em 30 de junho de 2016.

MATSUOKA, M. Atributos biológicos de solo cultivados com videira na região da Serra Gaúcha. 2006. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solo de cerrado e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de primavera do leste. Planaltina, DF. EMBRAPA Cerrados. 25 p. 2002.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 425-433, 2003.

MDA. Mais orgânicos na mesa dos brasileiros em 2017. Disponível em <http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/mais-org%C3%A2nicos-na-mesa-do-brasileiro-em-2017>> Acesso em 15 de abril de 2017.

MEHEDI, T.A.; SIDDIQUE, M.A.; SHARID, S.B.; Effects of urea and cowdung on growth and yield of carrot. J. Bangladesh Agril. Univ. v.10: p. 9–13, 2012.

MELO, W. J.; MELO, G. M. P., ARAÚJO, A. F.; MELO, V. P. Avaliação da atividade enzimática em amostras de solo. In: FIGUEIREDO et al. (Eds) Biotecnologia aplicada à agricultura. Brasília, EMBRAPA, Informação tecnológica, Recife, Instituto Agrônômico de Pernambuco, p. 158-187, 2010.

MIYASAKA, S. C.; HOLLYER, J. R.; KODANI, L. S. Mulch and compost effects on yield and corm rots of taro. Field Crops Research, Amsterdam, v. 71, n. 2, p. 101-112, 2001.

MONDAL, M.M.A. RANA, I.K.; DAFADER, N.C.; HAQUE, M.E. Effect of foliar application of chitosan on growth and yield in indian spinach. J. Agrofor. Environ. v.5, p. 99-102, 2011.

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

MOSHKIN, V. A. Castor. New Delhi: Amerind, p. 315, 1986.

OKORSKI, A.; MAJCHRZAK, B. Fungi isolated from soil before the seeding and after harvest of pea (*Pisum sativum* L.) after application of bio-control product EM. Acta Agrobotanica, v. 60, n. 1, p. 113-121, 2007.

OKORSKI, A.; OLSZEWSKI, J.; PSZCZOKOWSKA, A.; KULIK, T. Effect of fungal infection and the application of the biological agent EM 1 on the rate of photosynthesis and transpiration in pea (*Pisum sativum* L.) leaves. Polish Journal of Natural Sciences., v. 23, n. 1, p. 35-47, 2008

OKUR, N.; KAYIKÇIOĞLU, H.H.; OKUR, B.; DELBACAĞ, S. Organic Amendment Based on Tobacco Waste Compost and Farmyard Manure: Influence on Soil Biological Properties and Butter-Head Lettuce Yield. TurkishJournalofAgricultureandForestry, Janeiro, 2008.

OLIVEIRA, E. Q.; SOUZA, R. J.; LEITE, L. V. R.; SANTOS, R. L. Produção de Alface em Função do Efeito Residual de Adubação Orgânica. Rev. Bras. De Agroecologia/nov. Vol. 4, No. 2, 2009.

OLIVEIRA, E. Q.; SOUZA, R. J.; MACÊDO, F. S.; MARQUES, V. B.; LEITE, L. V. R.; 2008. Desempenho de cultivares de alho sob doses de Bokashi. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 48. *Resumos...*Maringá: ABH. p. S594-S598(CD – ROM):Disponível em [www.abhorticultura.com.br/](http://www.abhorticultura.com.br/)

OLSNES, S.; KOZLOV, J. Ricin. Toxicon: v.39, n.11, p.1723-1728, 2001.

OZELA, E.F. Caracterização de flavonoides e estabilidade de pigmentos de frutos de bertalha (*Basella rubra* L.). 2004. 71 p. Tese (doutorado ciência e tecnologia de alimentos). UFV, Viçosa, 2004.

PAIVA W.O.; MENEZES J.M. Avaliação do desempenho agrônômico da bertalha (*Basella alba* L. syn *B. rubra*) em Ouro Preto D'Oeste. Acta Amazônica, Manaus, v. 19, n. 1, p. 3-7, 1989.

PANDEY, A. Solid state fermentation. Biochemical Engineering Journal, v.13, n.3, p.81-84. 2003.

- PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. Análise quantitativa do crescimento de vegetais. Campinas: IAC, 1987. 33 p.
- PERONE, J.C.; IACHAN, A.; DOMONT, G.B.; DISITZER, L.V.; CASTRO, V.R.O.; ROITMAN, R.; GOMES, S.M. Contribuição ao estudo da torta de mamona. Rio de Janeiro: Departamento de Imprensa Nacional, p. 51, 1966.
- Perumal, K.; Arunkumar, J.; Ananthi, S.; Sambanda, T.A; Karthik, B.; Singh, U.; Bindraban, P.S. Establishing a Viable Fertilizer Quality Detection System. VFRC Report 2014/4. Virtual Fertilizer Research Center, Washington, D.C. p. 23, 2014.
- PESSOA, J. C. Técnicas experimentais: Cromatografia. Rev. Química, vol. 50. 1993.
- PFEIFFER, E. E. Chromatography applied to quality testing. Bio-dynamic Literature, Wyoming. 50p. 1984.
- PIMENTEL, M. S.; DE-POLLI, H.; LANA, A. M. Q. Atributos químicos do solo utilizando composto orgânico em consórcio de alface-cenoura. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 225-232, 2009.
- PINHEIRO S. Cartilha da saúde do solo (Cromatografia de Pfeiffer) Ed. Salles Editora Rio Grande do Sul, 2011. Il.120 p. Copyright SATYAGRAHA, J. C.
- PINHEIRO, S. Cartilha da saúde do solo – Cromatografia de Pfeiffer. Juquira Candiru Satyagraha, 2011.
- PINKERTON, S. D.; ROLFE, R.; AULD, D. L.; GHETIE, V.; LAUTERBACH, B.F. Selection of castor for divergent concentrations of ricin and Ricinus Communis Agglutinin. Crop Science, Madison, v. 39, n. 2, p. 353-357, 1999.
- PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo, ed. Nobel, 2002.
- RADFORD, P.J. Growth analysis formulae: Their use and abuse. Crop Science, v.7, n.3, p. 171-175, 1967.
- REIS, A. Queima das folhas da cenoura: uma doença complexa. EMBRAPA Hortaliças. Brasília, 2010, 8p. (Circular técnica, 91).
- REIS, G.G.; MULLER, M.W. Análise de crescimento de plantas e mensuração do crescimento. Belém, CPATU, 1979. 526 p.
- RESENDE, F. V; SOUZA, L. S.; OLIVEIRA, P. S. R.; GUALBERTO, R. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de

- plantas invasoras e na produção de cenoura em cultivo de verão. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 29, n. 1, p. 100-105, jan./fev. 2005
- RIVERA, J. R., PINHEIRO, S. Cromatografía imágenes de vida y destrucción del suelo. Cali: Impresora Ferida, 2011.
- RIVERA, J. R.; PINHEIRO, S. Cromatografía – Imágenes de la vida e destrucción del suelo. Juquira Candiru Satyagraha, 2011.
- ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006.
- SANTOS, C.A.B; ZANDONÁ, S.R.; ESPÍNDOLA, J.A.; GUERRA, J.G.M.; RIBEIRO, R.L.D. Efeito de coberturas mortas vegetais sobre o desempenho da cenoura em cultivo orgânico. Hort. bras., v. 29, n. 1, p. 103-107, 2011.
- SARRY, J.E.; GUNATA, Z. Plant and microbial glycoside hydrolases: volatile release from glycosidic aroma precursors. Food Chemistry. vol. 87, n. 4, p. 509-521, 2004.
- SCHENCK, N. C.; PEREZ, Y. A manual of identification of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, 2 ed. Gainesville: University of Florida, 1988. 241p.
- SCHNURER, J., ROSSWALL, T. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. Applied and Environmental Microbiology. v.6, p. 1256–1261, 1982.
- SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, I. C. dos; LIMA, P. C. de. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. Revista Ceres, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 829-837, 2014.
- SESTELO, A.B.F; POZA, M.; VILLA, T.G.  $\beta$ -glicosidase activity in a *Lactobacillus plantarum* wine strain. World Journal of microbiology and biotechnology, New York, v.20, p. 633-637, 2004.
- SEVERINO, L. S. O que sabemos sobre a torta de mamona. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. (Documentos, 134).
- SEVERINO, L.S.; TAVARES, M.J.V.; NASCIMENTO, J.J.V.R.; FERREIRA, G.B.; SOFIATTI, V. Toxidez Causada pelo Excesso de Torta de Mamona como Fertilizante Orgânico. EMBRAPA, Campina Grande, 2007. (Comunicado técnico).
- SHINGO, G. Y.; VENTURA, M. U. Produção de couve Brassicaoleracea L. var. acephala com adubação mineral e orgânica. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 30, n. 3, p. 589-594, jul./set. 2009.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S. de; DE-POLLI, H. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO<sub>2</sub>). Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 4 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado técnico, 99).

SILVA, M.; SIQUEIRA, E.R.; SILVA COSTA, J.L. Hidrólise de diacetato de fluoresceína como bioindicador da atividade microbiológica de um solo submetido a reflorestamento. e diacetato de fluoresceína como bioindicador da atividade microbiológica. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.5, 2004.

SILVA, M.B.; KLIEMANN, H.J; SILVEIRA, P.M.; LANNA, A.C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.42, n.12, p.1755-1761, dez. 2007.

SILVEIRA, O. A. de. Atividades enzimáticas como indicadores biológicos de solos agrícolas do Rio Grande do Sul. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SIQUEIRA, A.P.P. de; SIQUEIRA, M. F.B. de. Bokashi: adubo orgânico fermentado. Niterói: Programa Rio Rural, 2013. 16 p.(Programa Rio Rural. Manual Técnico, 40)..

SIQUEIRA, J.O. Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental. Brasília: EMRAPA-SPI, p.7-81, 1994.

SOTO, MG. Abonos orgánicos: definiciones y procesos. In: Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impactos en la agricultura. Ed Meléndez, G. San José, Costa Rica. p. 20-49, 2003.

SOUZA J. L. Efeito do composto orgânico e da cobertura morta na cultura da cenoura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA. Rio de Janeiro, 1996.

SOUZA, A. F.; LOPES, C. A.; FRANCA, F. H. M.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; PESSOA, H. B. S. V.; VIEIRA, J. V.; CHARCHAR, J. M.; MESQUITA FILHO, M. V.; MAKISHIMA, N.; FONTES, R. R.; MAROUELLI, W. A.; PEREIRA, W. Cultivo da cenoura (*Daucus carota L.*). EMBRAPA Hortaliças. Brasília, 1997. (EMBRAPA-CNP. Instruções Técnicas, 13).

SOUZA, C.A.; REIS JUNIOR, F.B.; CARVALHO MENDES, I.; LEMAINSK, J.; SILVA, J.E. Lodo de esgoto em atributos biológicos do solo e na nodulação e produção de soja. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.44, n.10, p.1319-1327, 2009.

SOUZA, J.L.; RESENDE, P. Manual de horticultura orgânica. Aprenda fácil, 564 p. Viçosa, 2003.

SOUZA, R.B.; ACÂNTARA, F.A. Adubação no sistema orgânico de produção de hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 8p. (Embrapa CNPH. Circular Técnica, 65).

SOUZA, RB & ACÂNTARA, FA. Adubação no sistema orgânico de produção de hortaliças. Brasília: EmbrapaHortaliças, 2008. 8p (Embrapa CNPH. Circular Técnica, 65).

SPARLING, G.P. & WEST, A.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: calibration in situ using microbial respiration and super (14) C labelled cells. *Soil Biology & Biochemistry*, v.20, p.337-343. 1988.

Swisher, R. & Carroll, G.C. Fluorescein diacetate hydrolisis as an estimator of microbial biomass on coniferous needle surfaces. *Microbial Ecology*. v.6: p. 217-226, 1980.

TABATABAI, A. Soil enzymes. In: WEAVER, R.W.; ANGLE, J.S.; BOTTOMLEY, P.S. (Ed.). *Methods of soil analyses. Part 2. Microbiological and biochemical properties*. 2nd ed. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.775-833.

TATE, K.R.; ROSS, D.J.; FELTHAM, C.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: effects of experimental variables and some different calibration procedures. *Soil Biology & Biochemistry*, v.20, p.329-335, 1988.

TATE, KR; ROSS, DJ; FELTHAM, CW. A direct extraction method to estimate soil microbial C: effects of experimental variables and some different calibration procedures. *SoilBiology&Biochemistry*, v.20, p.329-335, 1988.

TEÓFILO, T.M.S.; FREITAS, F.C.L.; NEGREIROS, M.Z.; LOPEZ, W.A.R.; VIEIRA, S.S.V.S. Crescimento de cultivares de cenoura nas condições de Mossoró-RN. *Revista Caatinga (Mossoró,Brasil)*, v.22, n.1, p.168-174, janeiro/março de 2009.

TOKARNIA, C. H.; DÖBEREINER, J. Sobre a imunidade cruzada entre os princípios tóxicos de *Abrusprecatorius* e *Ricinuscommunis*. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, Seropédica, v. 17, n. 1, p. 25-35, 1997.

TRANNIN, I.C. de B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M. de S. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.1173-1184, 2007.

VAN VLIET, P. C. J.; BLOEM, J.; GOEDE, R. G. M. Microbial diversity, nitrogen loss and grass production after addition of effective micro-organisms® (EM) to slurry manure. *Applied Soil Ecology*, v. 32, n. 2, p. 188-198, 2006.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass. *Soil Biology & Biochemistry*, v.19, p.703-707, 1987.

VANCE, ED; BROOKES, PC; JENKINSON, DS. An extraction method for measuring soil microbial biomass. *Soil Biology & Biochemistry*, v.19, p.703-707, 1987.

VIEIRA J. V; PESSOA H. B. S. V. Cultivo da cenoura (*Daucus carota* L.). Brasília: Embrapa Hortaliças, 1997. 19p. (Embrapa Hortaliças. Instrução Técnica, 13).

WALKLEY, A & BLACK, IA. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, v.37, p.29-38, 1934.

WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, v.37, p.29-38, 1934.

YAROSHEVICH, I.V. Effect of fifty years' application of fertilizers in a rotation on the biological activity of a Chernozem. *Agrokhimiya, Moscow*, v.6, p. 14-19, 1966.

ZANFIROV, C.A.; CORREA, C.V.; CARPANETTI, M.G.; CORREA, F.F.; CARDOSO, A.I.I. Produção de cenoura em função das doses de potássio em cobertura. *Hortic. bras.*, v. 30, n. 4, p.747-750, 2012.