

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE AGRONOMIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGRONOMIA - CIÊNCIA DO SOLO**

**TESE**

**Fertilização de Origem Vegetal em Atributos do Solo  
e no Desempenho Agroeconômico de Hortaliças em  
Sistemas Orgânicos**

**Livia Bischof Pian**

**2019**



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

**FERTILIZAÇÃO DE ORIGEM VEGETAL EM ATRIBUTOS DO SOLO  
E NO DESEMPENHO AGROECONÔMICO DE HORTALIÇAS EM  
SISTEMAS ORGÂNICOS**

**LIVIA BISCHOF PIAN**

*Sob orientação do professor*  
**Ricardo Luís Louro Berbara**

*eCo-orientação do professor*  
**José Guilherme Marinho Guerra**

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo

Seropédica, RJ  
Fevereiro de 2019

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

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

P581f Pian, Livia Bischof, 1991-  
FERTILIZAÇÃO DE ORIGEM VEGETAL EM ATRIBUTOS DO SOLO E NO DESEMPENHO AGROECONÔMICO DE HORTALIÇAS EM SISTEMAS ORGÂNICOS / Livia Bischof Pian. - 2019.  
164 f.: il.

Orientador: Ricardo Luís Louro Berbara.  
Coorientador: José Guilherme Marinho Guerra.  
Tese (Doutorado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Agronomia Ciência do Solo, 2019.

1. Experimento longa duração. 2. Composto fermentado.  
3. Indicadores de sustentabilidade. 4. Fertilizante orgânico.  
I. Berbara, Ricardo Luís Louro, 1957-, orient. II. Guerra, José Guilherme Marinho, 1958-, coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Agronomia Ciência do Solo. IV. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta Tese, desde que seja citada a fonte.

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

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

**LIVIA BISCHOF PIAN**

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora**, no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo.

TESE APROVADA EM 25/02/2019.

---

Ricardo Luís Louro Berbara. Ph.D. UFRRJ  
(orientador)

---

Érika Flávia Machado Pinheiro. Dra. UFRRJ

---

Irene Maria Cardoso. Dra. UFV

---

Luis Henrique de Barros Soares. Dr. Embrapa Agrobiologia

---

Segundo Sacramento Urquiaga. Dr. Embrapa Agrobiologia

## AGRADECIMENTOS

Esta tese é resultado de muitas mãos, do suor e da força de vontade de pessoas e instituições. Meus agradecimentos vêm do fundo de meu coração e alma. Obrigada, obrigada, obrigada:

Ao Deus e à gota do divino que irradia e vive dentro de todos nós.

À família berço espiritual que me escolheu e que escolhi para partilhar os dias mais felizes de minha vida. O amor de vocês é meu exemplo e me trouxe até aqui.

Ao meu marido, bondoso, generoso, paciente e amoroso, sem o qual não teria chegado aqui, que compartilhou e compartilhará as grandes mudanças e evoluções de minha vida.

Ao meu orientador que me colocou em seu ombro e disse “vá e siga seu coração” quando mais precisei.

Ao meu co-orientador, mentor científico, que me colocou em seus braços quando fui e quando voltei e me guiou.

Aos meus amigos de pós-graduação, perdidos, escondidos e encontrados, cada um de nós em seu próprio caminho, avançamos e chegamos.

Aos meus amigos de Rural, de Alojamento, de Embrapa, de Km 47 que trouxeram alegria, leveza, risos, distrações, ensinamentos e Amizade.

Aos professores e pesquisadores do Km 47 que me tratam como iguais, pela humildade, exemplos, ensinamentos, conselhos e trocas.

À Fazendinha Agroecológica Km 47 e seus incríveis que fazem acontecer, que me ensinaram a agricultar e vivem em mim.

À UFRuralRJ, universidade como está não há, 6 anos de acolhimento, enfrentamento e beleza.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia -Ciência do solo, batalhador e amparador.

À Embrapa Agrobiologia que abriu as portas do Km 47 e materializou meus desejos.

Aos laboratórios de agricultura orgânica, química agrícola, cromatografia, leguminosas arbóreas, micorrizas e do setor de casa de vegetação da Embrapa Agrobiologia; ao laboratório de cromatografia líquida da Embrapa Agroindústria de alimentos; ao laboratório de biologia do solo e matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, fertilidade do solo, pedologia da UFRRJ.

Ao Landbauschule Dottenfelderhof e os 10 companheiros do ano que mudou minha vida. Deutschleutemit Lichtdenken und hertz. Danke.

Ao CAPES pela bolsa de estudo e suporte à pesquisa nacional.

Ao CNPq, FAPERj, CAPES pelo financiamento dos projetos: Força, pois dias melhores virão.

Aos anos de sonho, que se iniciaram em 2002, e me trouxeram até aqui, a mudança começa dentro de cada um e juntos somos fortes.

## RESUMO GERAL

PIAN, LiviaBischof. **Fertilização de origem vegetal em atributos do solo e no desempenho agroeconômico de hortaliças em sistemas orgânicos**. 2019. 164 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

Com o desenvolvimento da agroecologia e a demanda e produção de alimentos orgânicos, questões que concernem à intensificação dos sistemas de produção mantendo a sustentabilidade econômica, social, ambiental e nutricional ainda estão abertas. A procura por fertilizantes orgânicos que atendam a esta agricultura é emergente, os fertilizantes de origem vegetal são alternativas válidas, porém há dúvidas quanto a sua eficiência em agroecossistemas intensivos e cultivos exigentes, como hortaliças. O objetivo geral foi avaliar a contribuição da fertilização de origem vegetal no desempenho agroeconômico de hortaliças em sistema orgânico de produção e efeito nos atributos biológicos e químicos do solo, nas condições da Baixada Fluminense. No capítulo 1 foi avaliada a sustentabilidade de um agroecossistema orgânico diversificado de hortaliças, de longa duração, baseado na fertilização de origem vegetal, por meio da caracterização de atributos biológicos e químicos do solo, do balanço de nutrientes e da viabilidade econômica. Os atributos avaliados espaço-temporalmente foram: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), pH, matéria orgânica, através do teor de carbono orgânico total (COT) e o aporte da fração leve livre (FLL), e fungos micorrízicos arbusculares, através da glomalina e densidade de esporos. A cromatografia de Pfeiffer foi utilizada como indicador holístico da qualidade do solo. O balanço parcial de nutrientes foi positivo para todos os nutrientes na área de produção de hortaliças, graças à biomassa vegetal aportada. Porém, na área de produção de biomassa vegetal o balanço foi negativo para N, K, Ca e Mg, devido à exportação para a área de produção de hortaliças. Os valores de pH e P mantiveram-se estáveis, enquanto que os de K, Ca, COT, FLL e glomalina total diminuíram ao longo dos anos. O agroecossistema foi viável financeiramente nos mercados orgânico e institucional e sem viabilidade no mercado convencional. No capítulo 2 compostos fermentados obtidos a partir de matérias primas de origem vegetal foram caracterizados, por meio da composição química, das vias fermentativas e da comunidade microbiana, também foi avaliada a disponibilização de nitrogênio e a eficiência agrônômica destes compostos fermentados no cultivo de hortaliças folhosas em sucessão. O composto fermentado análogo ao padrão consiste em mistura de farelo de trigo e farelo de mamona. As matérias primas vegetais substituintes do farelo de trigo foram a casca de café, resíduo de cervejaria e capim elefante, e o substituinte do farelo de mamona foi o farelo de gliricídia. O valor de pH do composto padrão (5,2) teve correlação com o ácido láctico, etanol e ácido butírico e aumentou drasticamente com a substituição integral por casca de café ou capim elefante e f. mamona. O f. gliricídia manteve o pH estável (4-5) e diminuiu os teores de N. A composição da comunidade bacteriana destacou a diferença entre os compostos com f. mamona e f. gliricídia, este últimos com maior riqueza e diversidade. A ordem Lactobacillales foi predominante em todos os compostos. A disponibilização de N do composto padrão foi de aproximadamente 50%, assim como os compostos com f. mamona e resíduo de cervejaria. Em condições de campo, os compostos com f. gliricídia resultaram em menores produtividades de rúcula.

**Palavras-chave:** Experimento longa duração. Composto fermentado. Indicadores de sustentabilidade. Fertilizante orgânico.

## GENERAL ABSTRACT

PIAN, Livia Bischof. **Vegetable origin fertilization on soil attributes and on the agro-economic performance of vegetables in organic systems**. 2019. 164p. Thesis (Doctor in Agronomy, Soil Science). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

With the development of agroecology, organic agriculture and the demand of organic food, questions are still open, concerning the agroecosystem production and intensification while maintaining economic, social, environmental and nutritional sustainability, especially in tropical regions. The demand for organic fertilizers that serve this agriculture is emerging, vegetable origin fertilizers are valid alternatives, however, there are doubts concerning its efficiency in intensive agroecosystems and demanding crops, such as vegetables. The general objective was to evaluate the contribution of vegetable origin fertilization in the agro-economic performance of vegetables in an organic production system and effect on biological and chemical soil attributes, in 'Baixada Fluminense' conditions. In chapter 1, the sustainability of a long - term diversified organic agroecosystem of vegetables based on vegetable origin fertilization was evaluated through the characterization of soil biological and chemical attributes, nutrient balance and agro-economic viability. The evaluated nutrients were: total nitrogen (N), available phosphorus (P) and potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg), pH, organic matter content, total organic carbon (TOC) and free light fraction (FLF), the dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi, by glomalin and spore density, and flat circular paper chromatography. The nutrient partial balance was positive for all nutrients in the vegetable production area, due to plant biomass used, and was negative for N, K, Ca and Mg in the vegetable biomass production area. The levels of pH and P remained stable, whereas K, Ca, TOC, FLF and glomalin decrease over the years. The agroecosystem was financially viable on sale simulations to organic and institutional market (Fairs and PNAE). In chapter 2, fermented composts obtained from plant materials were characterized, by chemical composition, fermentation pathways and bacterial community, and evaluated the nitrogen availability and the agronomic efficiency in a leafy vegetable cultivation succession. The standard fermented compost consists of a mixture of wheat bran and castor bean meal. The plant substitute of wheat bran was the coffee husk, brewery residue, and elephant grass, and the substitute of castor bean meal was the gliricid meal. The pH had a correlation with lactic acid, ethanol and butyric acid was around 5.2 in the standard compost, and increased drastically with the complete replacement by coffee husk or elephant grass plus castor meal. The gliricid-meal maintained pH stable and decreased the levels of N. The composition of the bacterial community highlighted the difference between the composts with castor beans meal and gliricid, this latter with greater richness and diversity, the standard compost had less diversity. The Lactobacillales was predominant in all composts. The N availability of the standard compost was approximately 50%, as the composts with castor bean meal and brewery residue. Under field conditions, composts with gliricid meal resulted in lower productivities of arugula. The composts with coffee husk and castor bean meal were equivalent to the standard compost.

**Keywords:** Long term experiment. Fermented compost. Sustainability indicators. Organic fertilizer.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>Sustentabilidade de Agroecossistemas .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3</b>	<b>Indicadores de Sustentabilidade de Agroecossistemas .....</b>	<b>5</b>
2.3.1	Balanco de nutrientes .....	5
2.3.2	Viabilidade econômica .....	6
2.3.3	Matéria orgânica .....	6
2.3.4	Atributos biológicos.....	7
2.3.5	Cromatografia de papel circular plana .....	9
<b>2.4</b>	<b>Variabilidade Espacial, Temporal e Geoestatística .....</b>	<b>10</b>
<b>2.5</b>	<b>Compostos Fermentados .....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>CAPITULO I - DESEMPENHO AGROECONÔMICO DE UM CULTIVO ORGÂNICO DIVERSIFICADO DE HORTALIÇAS BASEADO NA FERTILIZAÇÃO DE ORIGEM VEGETAL NAS CONDIÇÕES DA BAIXADA FLUMINENSE.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>RESUMO .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2</b>	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>3.4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.4.1	Caracterização do experimento de longa duração .....	19
3.4.2	Ano agrícola de 2015 .....	23
3.4.3	Ano agrícola de 2016.....	24
3.4.4	Georreferenciamento e coletas.....	24
3.4.5	Indicadores de sustentabilidade .....	25
<b>3.5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>31</b>
3.5.1	Produção e produtividade .....	31
3.5.2	Viabilidade financeira.....	33
3.5.3	Balanco parcial de nutrientes .....	43
3.5.4	Variabilidade espacial e temporal de atributos do solo .....	51
3.5.5	Cromatografia de papel circular plana .....	62
<b>3.6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>65</b>
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO E EFICIÊNCIA DE COMPOSTOS FERMENTADOS OBTIDOS A PARTIR DE FONTES VEGETAIS NA PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS EM SISTEMA ORGÂNICO .....</b>	<b>66</b>
<b>4.1</b>	<b>RESUMO .....</b>	<b>67</b>
<b>4.2</b>	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>68</b>
<b>4.3</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>69</b>



<b>4.4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	71
4.4.1 Preparo e caracterização dos compostos fermentados.....	71
4.4.2 Disponibilização do nitrogênio pelos compostos orgânicos.....	73
4.4.3 Eficiência agronômica de compostos fermentados.....	75
4.4.4 Análises estatísticas .....	78
<b>4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	79
4.5.1 Teste de umidade .....	79
4.5.2 Substituição gradual do farelo de trigo por casca de café.....	80
4.5.3 Substituição do farelo de trigo por resíduo de cervejaria .....	85
4.5.4 Substituição gradual do farelo de trigo por capim elefante .....	89
4.5.5 Comunidade bacteriana dos compostos fermentados .....	93
4.5.6 Disponibilização de nitrogênio pelos compostos fermentados.....	98
4.5.7 Eficiência agronômica de compostos fermentados no cultivo de hortaliças .....	101
<b>4.6 CONCLUSÕES</b> .....	110
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	111
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	112
<b>7 ANEXOS</b> .....	134

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A agroecologia, como alternativa ao atual sistema de produção agroalimentar dominante, é também uma ciência, e pode ser definida como a aplicação de conceitos e princípios ecológicos na configuração e manejo de agroecossistemas sustentáveis. A ciência agroecológica oferece o conhecimento e a metodologia necessária para o desenvolvimento de uma agricultura que seja altamente produtiva, ambientalmente consciente e economicamente viável (GLIESSMAN, 2001). A agricultura orgânica, inserida na agroecologia, é considerada um sistema de produção que abrange práticas agrícolas e princípios ecológicos que objetivam a produção de alimentos saudáveis, a segurança alimentar e dos agricultores.

Dentre os princípios norteadores da produção orgânica destaca-se: potencializar relações ecológicas; biodiversidade; otimizar processos naturais; integração da produção animal com vegetal; reduzir a dependência externa; respeitar relações sociais, econômicas e ambientais. O princípio da otimização de processos naturais é o foco dessa tese, em especial dois processos naturais que são básicos para a manutenção da vida na terra e da agricultura como a conhecemos hoje, a fotossíntese e a fixação biológica de nitrogênio. Esses processos são realizados pelas plantas e microrganismos e transformam principalmente carbono e nitrogênio minerais em formas orgânicas que serão alimento para animais e outros seres, biomassa vegetal, fertilizantes e etc. Esses processos podem como ocorre atualmente, serem aperfeiçoados para trazer ou melhorar a fertilidade ao solo, elevar a ciclagem de nutrientes, a produtividade e produção de alimentos, manterem agroecossistemas sustentáveis e gerar autonomia aos agricultores.

A procura por fertilizantes orgânicos que atendam a agricultura orgânica é crescente. Dentre os fertilizantes orgânicos, aqueles de origem vegetal, embora promissores são pouco estudados e pouco se sabe da sua eficiência e sua aplicação em agroecossistemas intensivos e na produção de alimentos exigentes nutricionalmente, como as hortaliças. O uso de fertilizantes de origem vegetal, como apresentado nesta tese, incorpora o conceito da otimização de processos naturais biológicos e de ciclagem, com ênfase na fotossíntese e na fixação biológica de nitrogênio. Estes processos contribuem para a sustentabilidade de agroecossistemas, pois, quando otimizados garantem a produção de compostos localmente, que gera autonomia dos agricultores e equidade. Além disso, diminuem o custo de produção e a dependência a insumos externos à propriedade, utilizam resíduos agropecuários e agroindustriais e contribuem com a geração de trabalho e renda para uma família agricultora.

Os fertilizantes de origem vegetal podem ser obtidos na propriedade agrícola, como na produção de biomassa vegetal e adubação verde. E podem ser obtidos do comércio ou de resíduos agroindustriais, como farelos, tortas, bagaços, cascas e etc. Estas matérias primas podem ser utilizadas diretamente ou serem transformadas por meio de processos de compostagem, de diversas formas. A compostagem com base em processos fermentativos apresenta os benefícios citados, porém foram pouco estudados quanto a sua caracterização química, microbiana, de suas vias fermentativas e eficiência e como fertilizante orgânico.

No estado do Rio de Janeiro, a Fazendinha Agroecológica do Km 47, desenvolve a mais de 25 anos pesquisa, ensino e extensão em agroecologia e agricultura orgânica. Enfocando no desenvolvimento de tecnologias adaptadas local e regionalmente, processos para geração de saúde e fertilidade do solo e na otimização do uso de fertilizantes de origem animal e principalmente os de origem vegetal, adubos verdes e compostagem. Sempre tendo em vista o contexto do estado do Rio de Janeiro, em que as unidades de produção são pequenas, especializadas na produção vegetal e com mão de obra familiar, além disso, as

fontes de fertilização para agricultura orgânica no estado são limitadas. Por um lado, a produção vegetal não está associada à produção animal e a produção animal intensiva é pequena no estado, encarecendo o custo com dejetos. Por outro lado, os esterco obtidos apresentam elevados níveis de contaminação por metais pesados e resíduos de agrotóxicos. Este contexto do estado do Rio de Janeiro reforça a necessidade pela busca de alternativas para a fertilização dos sistemas orgânicos de produção, especialmente com fontes de fertilização de origem vegetal.

O ponto de partida dessa tese é o “Módulo de Cultivo Diversificado de Hortaliças Orgânicas”, experimento localizado na Fazendinha Agroecológica Km 47, que se propõe a replicar uma propriedade agrícola de pequena escala (1,0 ha), sem produção animal vinculada à produção vegetal. O modelo, implantado em 2010, enfoca na produção intensiva de hortaliças, principalmente folhosas, e na fertilização do sistema a partir da produção local de biomassa vegetal, cobertura vegetal morta, compostagem vegetal e no uso de compostos obtidos a partir de fermentação. O objetivo do Módulo de cultivo é apresentar um modelo de produção que apresente o máximo de independência de insumos externos, gerando trabalho e renda para uma família de quatro pessoas. A partir deste experimento de longa duração e dos agricultores da região, algumas demandas foram levantadas. Como a necessidade de continuar e melhorar as avaliações do balanço parcial de nutrientes, da viabilidade financeira e dos indicadores de qualidade do solo, o aperfeiçoamento do uso da geoestatística. O desenvolvimento de técnicas de manejo para a manutenção da matéria orgânica do solo e diminuição dos custos com mão-de-obra e o desenvolvimento e aumento da eficiência dos fertilizantes orgânicos (principalmente o composto fermentado).

**Objetivo geral** desta tese foi avaliar a contribuição da fertilização de origem vegetal na qualidade do solo e no desempenho agroeconômico de hortaliças em sistema orgânico de produção. O estudo foi conduzido nas condições da Baixada Fluminense, que possui condições edafoclimática específicas para a produção de hortaliças.

A tese foi estruturada em dois capítulos. O **primeiro capítulo** intitulado “desempenho agroeconômico de um módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças baseado na fertilização de origem vegetal nas condições da baixada fluminense” teve como objetivo avaliar a sustentabilidade de um sistema de cultivo orgânico diversificado de hortaliças, de longa duração, **baseado na fertilização de origem vegetal**. Por meio da caracterização de atributos biológicos e químicos do solo, do balanço de nutrientes, da viabilidade agroeconômica e a cromatografia de Pfeiffer. Os atributos avaliados espaço-temporalmente foram o pH, os nutrientes, nitrogênio total (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) disponível, o teor de matéria orgânica, através do teor de carbono orgânico total (COT) e do aporte de fração leve livre (FLL), e a dinâmica de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), através da glomalina e densidade de esporos.

O **segundo capítulo** intitulado “caracterização e eficiência de compostos fermentados obtidos a partir de diferentes fontes vegetais na produção de hortaliças em sistema orgânico” teve como objetivo caracterizar e avaliar a eficiência de compostos resultantes da fermentação obtidos a partir de **matérias-primas de origem vegetal**. Para isso foi determinada a composição química, das vias fermentativas e da comunidade microbiana e mensurada a disponibilização de nitrogênio e a eficiência agrônoma desses compostos na produção o cultivo de hortaliças em sucessão.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças

O Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), mais conhecido como a “Fazendinha Agroecológica Km 47”, foi criado em 1992. Resultado de uma aliança entre o Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia (Embrapa Agrobiologia), a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), o Colégio Técnico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (CTUR) e a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio de Janeiro (Pesagro-Rio). Foi criada para ser um espaço adequado ao exercício da agroecologia e do manejo orgânico em bases científicas e estruturadas para a exploração racional das potencialidades locais, dentro de uma estratégia que contribui para a sustentabilidade e a estabilização da atividade produtiva no meio rural (ALMEIDA; RIBEIRO; GUERRA, 1999).

Dentre os experimentos instalados no SIPA, está o “Módulo de Cultivo Diversificado de Hortaliças Orgânicas”, que se propõe a replicar uma propriedade agrícola de pequena escala (1,0 ha), sem produção animal vinculada à produção vegetal. Enfoque é dado na produção local de biomassa vegetal, cobertura vegetal morta, compostagem vegetal e uso de compostos obtidos a partir de fermentação. Desta forma não há entrada de qualquer material proveniente da produção animal, como esterco, compostos mistos, adubos orgânicos, entre outros produtos utilizados pela agricultura orgânica e que tenham vínculo com a produção animal. O objetivo do Módulo de cultivo é apresentar um modelo de produção que apresente o máximo de independência de insumos externos, gerando trabalho e renda para uma família de quatro pessoas.

Esta área foi planejada e implantada no ano de 2010, anteriormente no local havia pastagem implantada com *Brachiaria*. Desde então é realizado o monitoramento anual dos aspectos químicos (pH, Al, P, K, Ca, Mg, C-orgânico total e fração leve livre da matéria orgânica), o balanço parcial de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg), contabilizando todas as entradas e saídas, e a viabilidade financeira, simulando a venda dos produtos para o mercado convencional em Seropédica e para feiras orgânicas do Rio de Janeiro. Sendo uma área com sistema de produção complexo e que não atende a um delineamento experimental clássico, a geoestatística é utilizada para apresentar a distribuição espacial e temporal dos atributos do solo, permitindo a realização de interpretações e planejamentos a partir de mapas temáticos.

A primeira dissertação de mestrado realizada no Módulo de cultivo avaliou desde o início da implantação do experimento (2010) até um ano após o mesmo (MATA, 2012). Esta pesquisa demonstrou viável financeiramente a produção de hortaliças orgânicas em ambas as formas de simulação de vendas (mercado convencional em Seropédica e feiras orgânicas no Rio de Janeiro). A geoestatística mostrou-se uma adequada ferramenta para caracterizar as mudanças nos solos, constatando a redução nos teores de C-orgânico total, P, K e Ca+Mg e elevação do pH (MATA et al., 2016). A instalação do Módulo foi metodologicamente adequada para avaliar a sustentabilidade, no entanto, para se obter conclusões mais consistentes seria necessário um período maior de monitoramento. Tendo isto em vista, a avaliação dos indicadores de sustentabilidade continuou, em uma tese de doutorado, durante nos anos de 2012 a 2014 (MATA, 2016). A produção de hortaliças foi viável financeiramente apenas para a comercialização orgânica no Rio de Janeiro, no cenário de comercialização convencional em Seropédica a receita apenas pagou os custos. O balanço parcial de nutrientes foi positivo para N, Ca, Mg e P e negativo para K. Outra observação com relação aos atributos do solo, foram os ganhos de fração leve livre, Ca+Mg e pH em toda área, de C-

orgânico em 95% da área de produção de hortaliças e 65% da área de produção de biomassa, elevação dos teores de P em 64% da área e diminuição de K em 54% da área. Ganhos expressivos considerando o intenso manejo do solo e o baixo aporte de biomassa vegetal.

Em paralelo, foi desenvolvido o trabalho que avaliou nos anos 2013 e 2014, a distribuição espacial e temporal das frações dos nutrientes, da matéria orgânica (fracionamento químico e físico) e dos fungos micorrízicos arbusculares (PIAN, 2015). Mostrou-se a flutuação dos nutrientes ao longo do ano e nas diferentes áreas de produção devido à exportação/importação de nutrientes, via colheita e fertilização, com a redução do K na maior parte da área. Além disso, a diminuição do COT que se deve a variação das frações mais lábeis da matéria orgânica (ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e fração leve livre), estando à fração estável (humina) constante. Os fungos micorrízicos mostraram grande correlação com os demais indicadores de qualidade do solo e com as culturas (PIAN et al., 2019).

Em estudo recente, desenvolvido no ano de 2017, o trabalho prospectou plantas espontâneas com potencial alimentício e fez a avaliação do balanço parcial de nutrientes e a viabilidade financeira (SILVA, 2018). Foram identificadas 10 plantas espontâneas com potencial alimentar, sendo 5 com viáveis a aproveitamento. A simulação de comercialização foi melhorada, mantendo-se a venda em feiras orgânicas do Rio de Janeiro, incluindo-se a venda para o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e para o mercado convencional (CEASA/RJ). Esta última foi a única que não se mostrou viável. O balanço de nutrientes passou a separar o Módulo de cultivo em duas áreas, uma de produção intensiva de hortaliças e outra de produção de biomassa vegetal, na primeira área houve balanço negativo somente para o K, na segunda área o balanço foi negativo para todos os nutrientes.

O Módulo de cultivo é um experimento de longa duração dinâmico e vem evoluindo tanto em relação à distribuição dos cultivos, aproveitamento da área e produtividade, quanto ao uso da força de trabalho. Assim, é necessário continuar e melhorar as avaliações da sustentabilidade do agroecossistema, principalmente das avaliações já implementadas (balanço de nutrientes, viabilidade financeira e os indicadores de qualidade do solo). Aperfeiçoar o uso da geoestatística para que esta demonstre a complexidade do sistema, mantendo a avaliação de indicadores biológicos.

Ao longo de todos estes estudos, demandas por pesquisas foram levantadas, como a melhoria do balanço dos nutrientes (principalmente do K), a manutenção da matéria orgânica do solo, tendo em vista, as características do solo (extremamente arenoso) e o manejo intensivo adotado, a diminuição dos custos com mão de obra, a diversificação e aumento da eficiência dos fertilizantes orgânicos empregados (composto fermentado).

## **2.2 Sustentabilidade de Agroecossistemas**

A agroecologia, como paradigma ao atual sistema de produção agroalimentar dominante, é também uma ciência, e pode ser definida como a aplicação de conceitos e princípios ecológicos na configuração e manejo de agroecossistemas sustentáveis. A ciência agroecológica oferece o conhecimento e as metodologias necessárias para o desenvolvimento de uma agricultura que é ambientalmente consciente, altamente produtiva e economicamente viável (GLIESSMAN, 2001). O agroecossistema é definido, como ecossistemas de produção agrícola, considerado uma unidade básica de produção, manejo e pesquisa. A ênfase dos agroecossistemas está nas interações entre as pessoas e os recursos de produção de alimentos dentro de uma propriedade ou área específica (ALTIERI, 2002). A agricultura orgânica, inserida na agroecologia, é considerada um sistema de produção que abrange práticas agrícolas e princípios ecológicos que objetivam a produção de alimentos saudáveis, a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, a segurança alimentar e dos agricultores.

O termo ‘sustentabilidade’ pode ser definido como a capacidade de um sistema ser produtivo sem comprometer as condições que tornam possível este processo. No caso de sistemas agrícolas, consistem na capacidade de produzir alimento, energia e fibras sem comprometer o acesso das gerações futuras aos recursos produtivos (BRODT et al., 2011). Sistemas de cultivo que associem alta produtividade com menores impactos ambientais e sociais são ideais, pois respeitam os fundamentos da sustentabilidade. Existe um consenso de que a determinação da sustentabilidade agrícola por meio de indicadores e índices (qualitativamente mensurados) é um pré-requisito para a adequada concepção, implantação e monitoramento de políticas agrícolas (RAO et al., 2018) e agroecossistemas (TITTONELL, 2014). Indicadores de sustentabilidade tem um forte foco na integridade ecológica, na sustentabilidade social e na condição humana (SMITH et al., 2017). O desenvolvimento de indicadores transparentes oferece uma oportunidade para identificar os aspectos da sustentabilidade agrícola que são relevantes na prática.

Avaliação da sustentabilidade de um sistema envolve alguns pilares básicos, o social, o econômico, o ambiental e o político. O solo é um material altamente complexo que abriga um dos mais importantes reservatórios de biodiversidade do planeta (ROESCH et al., 2007). Portanto, é fundamental inseri-lo como indicador para o manejo sustentável de terras (HERRICK, 2000; MCBRATNEY; FIELD; KOCH, 2014).

### **2.3 Indicadores de Sustentabilidade de Agroecossistemas**

Diversos estudos propõem o uso de indicadores para avaliação do estado de um sistema, estes indicadores podem ser ambientais, sociais, econômicos, energéticos, relacionados ao solo, atmosfera, água, bem estar e etc. Indicadores sociais podem ser a segurança e condições de trabalho e remuneração justa que garanta condições dignas de vida. Indicadores energéticos estão relacionados ao custo, consumo e geração de energia de determinado sistema de produção. Como indicadores econômicos, o custo de produção, simulações de venda para mercados institucionais, convencionais e orgânicos e a viabilidade econômica nestes cenários. Como indicadores ambientais, o balanço de nutrientes, os atributos físicos do solo (textura, agregação, densidade do solo), químicos (N, P, K, Ca, Mg, pH, matéria orgânica do solo, entre outros), biológicos (fauna do solo, fungos micorrízicos arbusculares) e a integração destes indicadores com a utilização da cromatografia de papel circular plana.

#### **2.3.1 Balanço de nutrientes**

O balanço de nutrientes se refere à diferença entre a exportação e a entrada de nutrientes em um sistema durante um determinado tempo de acordo com os fluxos de nutrientes existentes neste sistema. Os saldos positivos estão associados ao aumento da fertilidade do solo e podem representar perda de nutrientes para o ambiente, principalmente os macronutrientes. Os saldos negativos levam a diminuição da fertilidade do solo, podendo afetar a produção e a sustentabilidade do sistema em longo prazo. O balanço de nutrientes está se tornando cada vez mais aceitos como uma ferramenta capaz de descrever os fluxos de nutrientes dentro de sistemas agrícolas e para ajudar na complexa gestão e planejamento espacial e temporal de nutrientes dentro de rotações de culturas e sistemas mistos (GOULDING et al., 2000; WATSON et al., 2006).

A dinâmica de nutrientes em solos agrícolas, ao contrário do que ocorre em sistemas naturais, é caracterizada por desequilíbrio no balanço de nutrientes no solo (ARAÚJO, 2008), que varia de acordo com as classes de solo, culturas, intensidade de cultivo e manejo nutricional adotado. Existe uma escassez de pesquisas sobre o balanço de nutrientes na

agricultura orgânica. Isso dificulta os ajustes necessários para atingir um balanço de nutrientes equilibrado no decorrer dos cultivos, que possibilite manejar a adubação ao longo dos anos, indicar as culturas a serem utilizadas em rotação e aperfeiçoar o aporte de insumos, visando contemplar os princípios da sustentabilidade (NOBRE JUNIOR, 2009). Um dos poucos estudos, que avaliaram o balanço de nutrientes em sistemas orgânicos de produção resultou em balanços negativos de P e principalmente K (BERRY et al., 2003; KORSAETH, 2012; MATA, 2016; OLIVEIRA, 2001; OLIVEIRA et al., 2005; SALGADO et al., 1998; TORSTENSSON; ARONSSON; BERGSTRÖM, 2006). Em contrapartida estudos mostram que o uso de composto (compostagem), em sistemas orgânicos e biodinâmicos, consegue garantir balanços positivos de P e K (BAR-YOSEF et al., 2015; NGUYEN; HAYNES; GOH, 1995).

### **2.3.2 Viabilidade econômica**

A viabilidade econômica é uma condição essencial da sustentabilidade das atividades agrícolas (NOVAK, 2005). São utilizadas ferramentas clássicas das avaliações financeiras para se definir a viabilidade econômica de um sistema de produção. Dentro dessa concepção, se faz necessário analisar os componentes de custos e as rendas visando avaliar a eficiência econômica das tecnologias desenvolvidas.

O custo total (CT) da produção é o somatório dos custos fixos (CF) com os custos variáveis (CV). Os custos fixos são aqueles que não se modificam com a quantidade produzida e os custos variáveis se ajustam com nível de produção da atividade. Faz parte do custo variável o custo de manutenção, já o custo fixo é obtido do somatório da depreciação de cada bem mais o seu custo de oportunidade. A receita bruta (RB) é o valor obtido com a venda de toda a produção realizada num determinado tempo. A receita líquida (RL) é o valor obtido da dedução dos custos total (CT) da receita bruta (MATSUNAGA et al., 1976).

Para verificar a viabilidade econômica de projetos é utilizada a análise de benefício-custo (RB/C), obtida com o cociente entre a receita bruta e o custo total. Nesse contexto, uma atividade agrícola será viável se tivermos a relação benefício-custo maior que um ( $RB/C > 1$ ) (HOFFMANN et al., 1987). O custo de oportunidade é o retorno que o capital usado na produção agrícola estaria rendendo se fosse investido de forma diferente, podendo ser utilizado para aferir a viabilidade econômica da atividade em questão, desde que o retorno financeiro seja igual ou superior às outras possibilidades de uso do capital, por exemplo, taxa de juros da poupança, aplicações eetc. (DE CASTRO; REIS; LIMA, 2006; REIS, 2002).

No Brasil foram realizados alguns estudos avaliando a viabilidade econômica em sistemas de produção orgânico, em geral, compararam diferentes manejos de produção de milho (BERTALOT et al., 2015), batata (DAROLT et al., 2003), hortaliças (DE SOUZA; GARCIA, 2013; LUZ; SHINZATO; DA SILVA, 2007; MATA, 2016; REZENDE et al., 2005), sistemas agroflorestais (RODRIGUES et al., 2007) e produção animal (DE FIGUEIREDO; SOARES, 2012). Porém são poucos os estudos em sistemas complexos de produção e agroecossistemas (DE SIQUEIRA; DE SOUZA; PONCIANO, 2015; NOBRE JUNIOR, 2009) e ao longo de anos consecutivos.

### **2.3.3 Matéria orgânica**

A matéria orgânica no solo (MOS) apresenta-se como um sistema complexo de substâncias, cuja dinâmica é governada pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e pela transformação contínua por agentes biológicos, químicos e físicos (CAMARGO; SANTOS; GUERRA, 1999).

Para a avaliação da MOS, a quantificação do carbono orgânico total (COT) é amplamente utilizada, pois ele pode ser facilmente analisado e representa indiretamente a quantidade de MOS. Porém, apenas o COT não consegue fornecer indicações claras da dinâmica do carbono e dos impactos das práticas agrícolas. Para este fim, é importante conhecer os compartimentos da matéria orgânica e empregar técnicas certas para sua mensuração. As diferentes frações (compartimentos) de C orgânico do solo são compostas por características químicas, físicas e morfológicas distintas, e a distribuição destes compartimentos pode indicar a qualidade da matéria orgânica (CANELLAS; SANTOS, 2005). Estudos sobre os diferentes compartimentos visam o conhecimento da sua dinâmica, baseando-se na sua complexidade estrutural, localização, e interação com a matriz mineral do solo (SANTANA, 2014; VON LÜTZOW et al., 2007). Ela pode ser simplificada em dois compartimentos, a fração lábil (ativa, biodegradável) e a fração estável (humificada) (KONONOVA, 1982).

A fração lábil é composta por substâncias de baixo peso molecular, por resíduos de plantas e de animais (fração leve, MO grosseira ou particulada) e seus produtos primários de decomposição, e pela biomassa microbiana (COLEMAN; CALLAHAM; CROSSLEY JR, 2017; THENG, 1989). A fração lábil representa 1/4 a 1/3 da MOS em regiões temperadas (CAMBARDELLA; ELLIOTT, 1992), sendo geralmente menor em regiões tropicais (ZECH et al., 1997). A fração humificada, também conhecida como substâncias húmicas (SH), corresponde de 85 a 90% da reserva total de carbono orgânico no solo (BALDOTTO; BALDOTTO, 2014).

A fração lábil responde rapidamente às mudanças no uso e manejo do solo e pode ser usada como indicador da tendência do manejo à sustentabilidade ou à degradação (CHAN, 1997; CHRISTENSEN, 2001; JANZEN et al., 1992; PILLON; MIELNICZUK; NETO, 2002). Esta fração é controlada principalmente pela adição de resíduos ao solo, pelo clima e por outras propriedades químicas e físicas do solo que afetam a atividade dos organismos decompositores (PILLON; MIELNICZUK; NETO, 2002; THENG, 1989). Para o entendimento da resposta rápida da matéria orgânica, existe uma forte tendência em se adotarem métodos físicos para o fracionamento da MOS (CONCEIÇÃO et al., 2014; DA SILVA OLIVEIRA et al., 2017; ROSCOE; MACHADO, 2002; SHI et al., 2010; STEVENSON; ELLIOTT, 1989), estes são relacionados com a função e estrutura da MOS 'in situ' (FELLER; BEARE, 1997; SIX et al., 2002).

Dentre os métodos físicos de separação da fração lábil, o método densimétrico (uso de soluções densas) é muito utilizado. Ele separa as frações leve-livre, leve oclusa e pesada (CHRISTENSEN, 1992; CONCEIÇÃO et al., 2014; SOLLINS; HOMANN; CALDWELL, 1996). A fração leve livre (FLL) possui composição molecular comparável àquela de materiais vegetais dos quais derivaram (FREIXO; CANELLAS; MACHADO, 2002). Devido a sua alteração rápida com o manejo, a matéria orgânica, especialmente sua fração lábil, será utilizada como indicador da qualidade do solo.

### **2.3.4 Atributos biológicos**

De forma complementar aos estudos de MOS estão os indicadores biológicos, intimamente relacionados com a vida do solo e que mediam os processos do sistema solo. A alta sensibilidade das variáveis biológicas, quando comparado as de natureza física e química, tem sido relatada como uma vantagem no seu uso (KASCHUK; ALBERTON; HUNGRIA, 2010).

Dentre os organismos do solo, os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são pertencem ao filo Glomeromycota e são simbioses de raízes de plantas que agregam outra dimensão ao sistema solo – planta-microrganismos, pois podem, direta e indiretamente,



influenciar outros microrganismos do solo e a ciclagem de nutrientes(COVACEVICH; BERBARA, 2011). Constituem um grupo funcional chave da biota do solo que pode contribuir potencialmente com a produtividade agrícola e sustentabilidade dos agroecossistemas(GIANINAZZI et al., 2010; VILELA, 2011). São organismos sensíveis às alterações ambientais e podem ser utilizados como indicadores biológicos de qualidade do solo, pois a mudança na comunidade de FMA pode refletir alterações ambientais. O impacto desses fungos no funcionamento dos ecossistemas é bastante significativo já que os FMA têm potencial para influenciar tanto no ciclo do carbono como no do fósforo (BERRUTI et al., 2016; SANDERS; CLAPP; WIEMKEN, 1996). E cumprem um papel fundamental no armazenamento C e na agregação do solo(LEIFHEIT et al., 2014; RILLIG; WRIGHT; EVINER, 2002). Fatores como o ambiente (WARDLE, 2002)e o hospedeiro simbiote (BRUNDRETT, 2002, 2009)são capazes de influenciar a ecologia micorrízica.

Diferentes metodologias indicam a presença e atividade dos FMA no solo. Entre elas esta a quantificação de glomerosporos, a colonização micorrízica das raízes, o número mais provável de propágulos infectivos, o potencial de inóculo e a quantificação dos teores de glomalina, além da identificação de espécies de FMA. Estas avaliações oferecem informações sobre a diversidade, estruturação e funcionamento desses organismos(SCHLOTTER; DILLY; MUNCH, 2003).

A glomalina é uma proteína hidrofóbica, termoestável e recalcitrante (WRIGHT; UPADHYAYA, 1996) produzida, em especial, nas hifas dos fungos micorrízicos(DRIVER; HOLBEN; RILLIG, 2005). É bastante utilizada como indicador da atividade desses fungos,por ser uma quantificação rápida, barata, objetiva e relativamente fácil (PURIN; RILLIG, 2007). Sua concentração no solo tem sido freqüentemente correlacionada com a população de FMA do solo (LOVELOCK et al., 2004) e pela promoção de maior estabilidade ao solo (RILLIG, 2004; RILLIG; MUMMEY, 2006). Caso ela seja quantificada pelo método de Bradford, a concentração de glomalina é denominada BRSP (Bradford relatedsoilprotein - proteína do solo relacionada com Bradford) e diferenciadas em duas frações, a Glomalina Facilmente Extraível (GFE) e Glomalina Total (GT).

A GFE representa depósitos recentes protegidos da degradação, enquanto a GT pode representar a menor porção da matéria orgânica extremamente persistente no solo. Essa relação indica que a GFE pode ser usada como uma medida simples para avaliar relações entre a estabilidade de agregados e práticas agronômicas (RILLIG et al., 2001; WRIGHT; UPADHYAYA, 1998). A principal função atribuída à glomalina é a de agregação do solo e, sendo sensível às alterações no uso do solo, pode ser utilizada como bom indicador de qualidade. Sabe-se que os atributos do solo, condições climáticas, sistemas de uso do solo, práticas de manejo agrícola, presença e tipo de vegetação, dentre outros fatores, influenciam na quantidade de glomalina produzida pelos FMA (SOUSA et al., 2012).

De forma complementar aos estudos de MOS estão os indicadores biológicos, intimamente relacionados com a vida do solo e que mediam os processos que ocorrem no sistema solo. A alta sensibilidade das variáveis biológicas, quando comparado as de natureza física e química, tem sido relatada como uma vantagem no seu uso (KASCHUK; ALBERTON; HUNGRIA, 2010).

Dentre os organismos dos solos, os fungos micorrízicosarbusculares (FMA) são organismos sensíveis às alterações ambientais (WARDLE, 2002)e ao hospedeiro simbiote (BRUNDRETT, 2002, 2009) e por istopodem ser utilizados como indicadores biológicos de qualidade do solo, já que mudanças no manejo podem alterar as condições ambientais de do hospedeiro simbiote e com isto a ecologia micorrízica.

Estes fungos pertencem ao filo Glomeromycota, são simbiotes de raízes de plantas e são considerados um grupo funcional chave da biota do solo, pois agregam outra dimensão ao

sistema solo – planta-microrganismos e contribuem com a produtividade agrícola e sustentabilidade dos agroecossistemas (GIANINAZZI et al., 2010; VILELA, 2011). Podem impactar o funcionamento dos ecossistemas já que os FMA têm potencial para influenciarem direta e indiretamente outros organismos do solo (COVACEVICH; BERBARA, 2011), pois influencia o ciclo do carbono e de outros nutrientes, em especial fósforo (BERRUTI et al., 2016; SANDERS; CLAPP; WIEMKEN, 1996), além de serem fundamentais na agregação do solo (LEIFHEIT et al., 2014; RILLIG; WRIGHT; EVINER, 2002).

Diferentes metodologias podem ser utilizadas para estudar a presença e atividades dos FMA no solo. Entre elas, diversos autores utilizam a quantificação de glomerosporos, a colonização micorrízica das raízes, o número mais provável de propágulos infectivos, o potencial de inoculo e a quantificação dos teores de glomalina, além da identificação de espécies de FMA. Estas informações permitem analisar a diversidade, a estruturação e o funcionamento desses organismos (SCHLOTTER; DILLY; MUNCH, 2003).

A glomalina é uma proteína hidrofóbica, termoestável e recalcitrante (WRIGHT; UPADHYAYA, 1996) produzida, em especial, nas hifas dos fungos micorrízicos (DRIVER; HOLBEN; RILLIG, 2005). Sua concentração no solo tem sido frequentemente correlacionada com a população de FMA do solo (LOVELOCK et al., 2004) e com a maior estabilidade ao solo (RILLIG, 2004; RILLIG; MUMMEY, 2006). A glomalina, cuja principal função é a de agregação do solo, é bastante usada como indicador da atividade desses fungos em campo, pois é sensível às alterações de manejo. Sabe-se que os atributos do solo, condições climáticas, sistemas de uso do solo, práticas de manejo agrícola, presença e tipo de vegetação, dentre outros fatores, influenciam na quantidade de glomalina produzida pelos FMA (SOUSA et al., 2012). Além disto, a quantificação da glomalina é rápida, barata, objetiva e relativamente fácil (PURIN; RILLIG, 2007). Caso seja quantificada pelo método de Bradford, a concentração de glomalina é denominada BRSP (Bradford related soil protein - proteína do solo relacionada com Bradford) e diferenciadas em duas frações, a Glomalina Facilmente Extraível (GFE) e Glomalina Total (GT).

A GFE representa depósitos recentes protegidos da degradação, enquanto a GT pode representar a menor porção da matéria orgânica extremamente persistente no solo. Essa relação indica que a GFE pode ser usada como medida simples para avaliar relações entre a estabilidade de agregados e práticas agronômicas (RILLIG et al., 2001; WRIGHT; UPADHYAYA, 1998).

### **2.3.5 Cromatografia de papel circular plana**

A técnica da cromatografia existe há mais de 80 anos e tem se destacado como uma das principais técnicas analíticas de identificação e separação laboratorial. O significado da palavra cromatografia nos remete a cor (croma) e escrita (grafia), ou seja, é a escrita, e conseqüente leitura, pela cor. Consiste em um método físico de separação, baseado no princípio da retenção seletiva e busca separar distintos componentes para identificar e determinar a qualidade destes (PINHEIRO, 2011). Uma fase móvel (fluido) arrasta a amostra em uma fase estacionária (sólida ou líquida). Os componentes da amostra interagem com a fase estacionária, atravessando em diferentes velocidades e se separando.

A cromatografia surgiu com Michael S. Tswett (1872-1919) que testou mais de 100 colunas de absorção (saís) para a separação de pigmentos de folhas (clorofilas e carotenos). Em 1903, ele realizou a primeira apresentação sobre os resultados e em 1906 surgiu o 1º artigo referenciando a palavra cromatografia e cromatograma. Em 1907 foi realizada a 1ª demonstração pública. Ehrenfried Pfeiffer (1899-1961), microbiologista, orientado de Rudolf Steiner (filósofo e fundador da antroposofia e da agricultura biodinâmica), se dedicou durante

toda sua vida ao estudo da qualidade do solo e dos alimentos (MEYER, 2010), desenvolvendo com colaboradores os métodos de formação de imagem (imageforming methods) (PFEIFFER, 1984).

Os métodos de formação de imagem têm sido utilizados para diferenciação da qualidade de alimentos, solo, compostos, vitaminas, plantas e outros com alta acurácia (FRITZ et al., 2011). Os métodos são a cristalização sensitiva (DOESBURG et al., 2015; KAHL et al., 2008), a dinamólise capilar (KOLISKO; KOLISKO, 1978; ZALECKA et al., 2010), a evaporação de gotas (KOKORNACZYK et al., 2011) e a Cromatografia de papel circular plana (PFEIFFER, 1984; RIVERA; PINHEIRO, 2011). Esta última é mais conhecida como cromatografia de Pfeiffer, levando o nome de seu criador.

O princípio da Cromatografia de papel circular plana é demonstrar a intensidade da vida através do catabolismo e anabolismo dos microrganismos, consiste no uso de hidróxido de sódio (NaOH) como solução extratora, que em contato com o solo vivo solubiliza substâncias nitrogenadas do metabolismo dos microrganismos presentes, que reagiriam pela quantidade de N/NH<sub>3</sub>/NO<sub>2</sub>/NO<sub>3</sub>, ao ser expostos sobre um papel filtro especial impregnado com Nitrato de Prata (AgNO<sub>3</sub>) assim revelando uma série de cores e distâncias específicas. Quanto maior o conteúdo de substâncias nitrogenadas, maior o anel de compostos e a intensidade das cores. De acordo com a técnica, as cores variam de acordo com a presença de oxigênio (poder oxidante) enxofre (poder redutor) liberado pelos microrganismos no momento da coleta do solo. Este método avalia, também, os minerais pela solubilidade, valência e grau de oxirredução, formando diferentes círculos no papel filtro (RIVERA; PINHEIRO, 2011).

Nos últimos anos, testes para padronização da metodologia e avaliação da eficiência do método quantitativamente e qualitativamente foram desenvolvidos para identificação da qualidade de alimentos (FRITZ et al., 2011, 2017), composto (HABOLD-PIEZUNKA, 2003), diferentes tipos de solo (KOKORNACZYK et al., 2017) e solos contaminados (TRIO MASEDA, 2016). Na Índia, foi desenvolvido software para interpretação das imagens dos cromatogramas, com base em um extenso banco de dados, para aferição da qualidade de fertilizantes e da fertilidade do solo (PERUMAL et al., 2014; PERUMAL; ANANTHI; ARUNKUMAR, 2016). No Brasil, existem estudos abordando métodos de avaliação e interpretação dos cromatogramas, baseados em sistema de notas e chaves de classificação (BEZERRA, 2018; GRACIANO, 2018; PILON, 2017; SIQUEIRA, 2018). Apesar destes trabalhos, ainda não há clareza e uniformidade nos métodos de avaliação desenvolvidos, gerando dúvidas quanto ao uso da técnica em meios acadêmicos.

Como método qualitativo e complementar para um bom diagnóstico das condições do solo a serem manejados, a Cromatografia de papel circular plana é uma imagem viva dos solos (FOLLADOR, 2015). E. Pfeiffer como cientista e filósofo, "percebia a vida e a agricultura como uma obra de arte", disse "A agricultura, antes de ser ciência, é arte" (MEYER, 2010). Informações complementares relacionados à cromatografia de Pfeiffer, sua base teórica, princípios e metodologia, a partir da sistematização de informações, e um estudo de caso, com identificação de padrões e aplicabilidade como indicador integrador da qualidade do solo, estão disponíveis no Anexo 1.

## **2.4 Variabilidade Espacial, Temporal e Geoestatística**

O solo apresenta heterogeneidade e sua variabilidade espacial é dependente dos fatores de formação, topografia, características do solo, água, microclima e práticas de manejo (JENNY, 1941). Para amenizar os impactos negativos das práticas agrícolas sobre o sistema de produção é necessário o conhecimento da variabilidade espacial e temporal dos atributos do solo, no espaço e no tempo (GREGO; VIEIRA, 2005). Para que um indicador de qualidade do

solo avalie mudanças no intervalo entre medições, há necessidade de um tempo suficiente para que dado manejo do solo produza alterações quantificáveis, quanto a sua frequência no espaço deve considerar as variações espaciais provocadas pelo manejo ou relevo (REINCHERT; REINERT; BRAIDA, 2003).

Uma maneira de solucionar problemas relacionados à avaliação da variabilidade espacial do solo e de se avaliar estatisticamente um sistema de produção complexo, é a adoção de métodos geoestatísticos (PEUKERT et al., 2012; VIEIRA et al., 1983), possibilitando entender e possivelmente reduzir os efeitos desta variabilidade na produção de culturas (BHATTI; MULLA; FRAZIER, 1991; CASSEL; WENDROTH; NIELSEN, 2000) e aumentar a eficiência de sistemas de manejo sobre os atributos do solo (ALMEIDA; GUIMARÃES, 2016; CARVALHO; SILVEIRA; VIEIRA, 2002; CAVALCANTE et al., 2007; NICOLAU et al., 2014). A geoestatística representa uma ferramenta importante para o mapeamento da variabilidade espacial e temporal dos solos (VALERIANO; PRADO, 2001), integrando múltiplos indicadores e assim avaliando a paisagem e o sistema de forma integral (ABEGAZ et al., 2016; SMITH; HALVORSON; PAPENDICK, 1994). Essa técnica gera mapas que possibilitam o planejamento e avaliação de alterações temporais na qualidade do solo (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

A estatística clássica assume que a variabilidade de uma propriedade do solo ou planta em torno dos valores médios é aleatória e independentemente da posição espacial (GUEDES FILHO, 2009; TRANGMAR; YOST; UEHARA, 1986). Seguindo por outro pensamento, demonstrou-se que a variabilidade das propriedades do solo é dependente de sua distância, ou seja, as diferenças entre os valores de uma propriedade do solo pode ser expressa em função da distância de separação entre elas (VIEIRA et al., 1983). Com o emprego da geoestatística pode-se analisar adequadamente dados de experimentos com a possibilidade de obter informações não reveladas pela estatística clássica (SALVIANO; VIEIRA; SPAROVEK, 1995).

A geoestatística é fundamentada na teoria de que os valores medidos em um determinado local estão em concordância com sua distribuição espacial. Assim, observações tomadas a curtas distâncias devem ser mais semelhantes do que aquelas tomadas a distâncias maiores (VIEIRA, 2000). Tendo sua base teórica em funções de variáveis aleatórias, o método de interpolação utilizado é chamado de “krigagem” e usa a dependência espacial entre amostras vizinhas, expressa no semivariograma, para estimar valores em qualquer posição dentro do campo, sem tendência e com variância mínima. Dentre os aspectos que limitam sua utilização está o grande número de pontos amostrais, que aumentam os custos, tempo e a operacionalização das análises (SHERPA et al., 2016).

Utilizando métodos estatísticos clássicos, experimentos de longa duração em agroecossistemas mostram a relação entre atributos químicos e biológicos do solo sob diferentes práticas agrícolas (BERTI et al., 2016; DONG et al., 2014; EDMEADES, 2003, 2003; FLIEBBACH et al., 2007; SCHRÖDER et al., 2002). Seguindo outra vertente, alguns trabalhos utilizam a variabilidade espacial ou temporal para avaliar algum aspecto da sustentabilidade de agroecossistemas pontualmente, seja por meio da aferição da matéria orgânica do solo (LIU et al., 2006), efeito da fertilização e pH (HEINZE; RAUPP; JOERGENSEN, 2010), diversidade e riqueza microbiana do solo (NAVEED et al., 2016) e por meio de um conjunto de atributos do solo (PEUKERT et al., 2012). A variabilidade espacial pode ser utilizada para contribuir como manejo do agroecossistema (MOORE et al., 2016). No entanto, até o momento, nenhum estudo em experimentos de longa duração em agroecossistemas utilizando técnicas geoestatísticas foi relatado na literatura.

## **2.5 Compostos Fermentados**

A fertilização e a eficiência de fontes compatíveis com os sistemas ecológicos são determinantes para o sucesso da produção orgânica. Os compostos fermentados a partir da mistura de farelos e inoculante microbiano (HIGA; PARR, 1994), conhecidos como “Bokashi” são alternativas utilizadas por muitos agricultores do mundo. O composto fermentado consiste em um adubo orgânico concentrado contendo teores elevados de nutrientes, sendo recomendado para cultivos exigentes em nutrição, podendo ser aplicado tanto no plantio quanto em fertilização de cobertura. O processo de produção do composto fermentado é mediado por uma mistura de microrganismos, que funciona como inoculante atuando na fermentação da matéria orgânica, com a produção de ácidos orgânicos, vitaminas, enzimas e polissacarídeos, todos envolvidos no estímulo ao desenvolvimento vegetal (OLIVEIRA, 2015).

Não existe uma formulação padronizada para o composto fermentado. Sua composição é ajustada com base nos insumos localmente disponíveis ou de fácil aquisição a preços compatíveis no comércio. Geralmente são preparados a partir de uma mistura balanceada de farelos, como o de soja, arroz, farelo de mamona, farelo de girassol trigo, extrato de levedura seca, entre outros, buscando sempre a combinação de materiais com elevado teor de N, com materiais com elevado teor de carboidratos. Uma formulação simplificada vem sendo muito utilizada é constituída pela mistura de 40% de farelo de mamona, 60% de farelo de trigo e inoculação com solução comercial de microrganismos eficientes (SIQUEIRA; SIQUEIRA, 2013). Porém, os altos custos de tais componentes podem inviabilizar a produção do composto. Estudos para substituição dos componentes com fontes alternativas e que possam ser obtidos na própria unidade agrícola ou agroindustriais são necessários (OLIVEIRA et al., 2014a).

O efeito do composto fermentado como fertilizante orgânico foi demonstrado em diferentes condições de solo e clima do Brasil sob o plantio de hortaliças (FONSECA et al., 2014; HOSHINO et al., 2016; OLIVEIRA, 2001, 2015; OLIVEIRA et al., 2008; OTOTUMI; VENTURA; NEVES, 2001; SILVA; LANNA; CARDOSO, 2018; YUDI SHINGO; URSI VENTURA, 2009), outras culturas (FARIA et al., 2016; MUSSATTO et al., 2011; OURIVES et al., 2010) e produção animal (LASKOWSKA; JAROSZ; GRĄDZKI, 2018). Grande parte destes trabalhos demonstra os efeitos da aplicação de composto fermentado sobre os atributos químicos do solo, alguns demonstram seu efeito na mineralização de N (BOECHAT; SANTOS; ACCIOLY, 2013; CERRATO; LEBLANC; KAMEKO, 2007), na biomassa microbiana (OLIVEIRA, 2015) e atividade enzimática (LIMA, 2018).

Alguns microrganismos, ácidos orgânicos e a relação C:N foram caracterizadas ao longo do processo de fermentação do composto tradicional do Japão (formado por farelo e farinha de arroz, farelo de canola e farelo de peixe) (YAMADA; XU, 2001), porém a formulação utilizada no Brasil (farelo de trigo e farelo de mamona) e possíveis substituições de seus componentes nunca foram caracterizadas. Há apenas indicações de que ocorra fermentação láctica predominantemente, seguida por acética, alcoólica, propiônica, butírica, dentre outras (HIGA; PARR, 1994; SIQUEIRA; SIQUEIRA, 2013; YAMADA; XU, 2001).

A análise tradicional da diversidade microbiana em compostos é baseada principalmente no método de plaqueamento seletivo (BRITO; GAGNE; ANTOUN, 1995). No entanto, esta técnica, dependendo do meio de cultura, consegue identificar de 0,1% a 1% da composição bacteriana da comunidade microbiana total (FIERER et al., 2012; HEAD; SAUNDERS; PICKUP, 1998). Nos últimos anos, técnicas baseadas em biologia molecular, como a reação em cadeia da polimerase em tempo real (PCR), a eletroforese em gel de gradiente desnaturante (DGGE) (ISHII; FUKUI; TAKII, 2000) e o seqüenciamento dos genes 16S rRNA, forneceram um novos métodos para analisar a estrutura e composição de comunidades microbianas complexas (YONG et al., 2011). Esta última é o método molecular

mais utilizado para avaliar a diversidade bacteriana (MISHRA; SINGH; PANDE, 2014) e a metodologia de seqüenciamento de alto rendimento de última geração apresenta alta precisão para elucidar a estrutura das comunidades bacterianas, sendo aplicada a estudos de solo (DE ARAUJO et al., 2017; NEELAKANTA; SULTANA, 2013), compostagem (ALFREIDER et al., 2002; FRACCHIA et al., 2006) e aplicação de resíduos orgânicos (EPELDE et al., 2018) e compostos ao solo (MIRANDA et al., 2018). Porém ainda não foram aplicados, especificamente, em compostos fermentados.

### **3CAPÍTULO I**

**DESEMPENHO AGROECONÔMICO DE UM CULTIVO ORGÂNICO  
DIVERSIFICADO DE HORTALIÇAS BASEADO NA FERTILIZAÇÃO DE  
ORIGEM VEGETAL NAS CONDIÇÕES DA BAIXADA FLUMINENSE**

### 3.1 RESUMO

Os agroecossistemas experimentais de longa duração são ferramentas válidas para indicar o grau de sustentabilidade no espaço e no tempo. Neste sentido, o objetivo foi avaliar um sistema de cultivo orgânico diversificado de hortaliças, de longa duração, baseado na fertilização de origem vegetal, por meio do uso de indicadores biológicos, físicos e químicos do solo, do balanço de nutrientes e da viabilidade econômica. O Módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças foi implantado na Fazendinha Agroecológica Km 47 (Seropédica/RJ) em 2010, em uma área com 1 ha. Com a hipótese de que um sistema de cultivo orgânico intensivo de hortaliças, utilizando fertilização de origem vegetal, é sustentável em condições edafoclimáticas da Baixada fluminense. A ênfase foi colocada no cultivo diversificado intensivo de hortaliças, na produção "in situ" de biomassa vegetal, uso de compostos fermentados, compostagem vegetal e agentes alternativos e biológicos para o controle fitossanitário. Nos anos de 2015 e 2016, foi determinado balanço parcial de nutrientes e análises elementares de nitrogênio (N), fósforo (P) potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). A viabilidade financeira foi feita a partir da relação benefício-custo, baseando-se nos custos e valores de comercialização em diferentes cenários, durante estes 2 anos. Em 2015, 2016 e 2017, o pH, os teores de P, K, Ca, Mg, número de esporos e glomalina, o carbono orgânico total (COT) e a fração leve livre (FLL) foram monitorados. Técnicas de geoestatística foram utilizadas para mapear a variabilidade espacial e temporal desses atributos do solo. O balanço parcial global foi positivo para todos os nutrientes. Separadamente, a área sob produção de hortaliças teve seu balanço positivo, garantido pelo uso de biomassa vegetal, e a área sob produção de biomassa vegetal teve balanço parcial negativo de N, K, Ca e Mg, indicando a necessidade de aperfeiçoamento da fertilização. O monitoramento da variabilidade espacial destacou a diferença entre as áreas dedicadas à produção de hortaliças e as áreas dedicadas à produção de biomassa vegetal, onde esta foi inferior para todos os atributos do solo. O pH e o P mantiveram-se em níveis ótimos em toda a área. Os teores de Ca e Mg foram médios nas áreas de produção de hortaliças e baixos nas áreas de produção de biomassa vegetal. Os teores de K, COT, FLL e glomalina diminuíram ao longo dos anos em toda a área, sendo mais intensivamente na área de produção de biomassa vegetal. Estes resultados destacam a necessidade de ajustes no manejo do solo que potencializem a proteção da matéria orgânica, como a redução do revolvimento, e o aprimoramento das práticas de fertilização, como a adição de cobertura vegetal morta e outras fontes de matéria orgânica. O agroecossistema mostrou-se viável financeiramente quando a comercialização da produção (16.050,1 kg em 2015 e 15.379,9 kg em 2016) ocorreu no mercado orgânico (feiras orgânicas Rio de Janeiro) e no mercado institucional (PNAE). No mercado convencional (CEASA/RJ) foi inviável em 2016, reforçando a importância de mercados que valorizem a produção orgânica e familiar, praticando preços mais justos, além de práticas de manejo que diminuam os custos de produção.

**Palavras-chave:** Experimento de longa duração. Indicadores de sustentabilidade. Geoestatística.



### 3.2 ABSTRACT

Long-term experimental agroecosystems are valid tools to indicate the sustainability degree in space and time. In this sense, the objective of this work was to evaluate a vegetable cultivation organic system, for a long time, based on vegetable origin fertilization, through nutrient balance, agroeconomic viability and characterization of biological and chemical soil attributes. The diversified vegetable organic cultivation module was implanted at *Fazendinha Agroecológica* Km 47 (Seropédica/RJ) in 2010, with an area of 1 ha. The premise was that an intensive organic cultivation system, with the use of plant base fertilization, is sustainable in the soil and climate conditions of Baixada Fluminense. Emphasis was placed on intensive vegetable cultivation, 'in situ' production of plant biomass, use of fermented compost, vegetable compost and alternative and biological agents for phytosanitary control. In years 2015 and 2016, partial nutrients balance was determined from agricultural inputs and outputs, harvests and elemental analyzes of nitrogen (N), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg). The economic viability, based on the benefit-cost ratio, was based on production costs and commercialization values in different scenarios in these two years. Chemical (P, K, Ca, Mg, pH) and biological attributes (number of glomerospores and glomalin) and soil organic matter (total organic carbon - TOC and free light fraction - FLF) were monitored in 2015, 2016 and 2017. Geostatistical techniques were used to map the spatial and temporal variability of these soil attributes. The total partial balance was positive for all nutrients, the vegetable production had a positive balance, guaranteed because of the use of vegetal biomass, and the vegetal biomass production presented a negative balance of N, K, Ca and Mg, indicating the need for fertilization adjusts. The monitoring of spatial variability highlighted the differences between the vegetable production area and vegetable biomass production area, which was lower for all soil attributes. The pH remained at an optimal level, while P at a high level throughout all area. Ca and Mg presented medium levels in the vegetable production area and low in vegetal biomass production areas. The levels of K, TOC, FLF, and glomalin decreased over the years in all areas, more intensively in the area of vegetal biomass production. These results highlight the need for adjustments in soil management that potentiate the protection of organic matter, such as reduction of tillage, and the improvement of fertilization practices, such as the addition of dead vegetation cover and other sources of organic matter. The agroecosystem was financially viable when the commercialization of production (16,050.1 kg in 2015 and 15,379.9 kg in 2016) took place in the organic market (organic fairs Rio de Janeiro) and in the institutional market (PNAE). In the conventional market (CEASA / RJ) it was not feasible in 2016, reinforcing the importance of markets that value organic and family production and practice fair prices, as well as management practices that reduce production costs.

**Keywords:** Long - term experiment. Sustainability indicators. Geostatistic.

### 3.3 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da agricultura agroecológica enfrenta vários desafios, como gerar e validar conhecimento de e para pequenos agricultores, aumentar a produção e fornecer produtos orgânicos com menores custos para os consumidores (WEZEL; SOLDAT, 2009). Outro desafio é a avaliação da sustentabilidade desses sistemas de produção (BELCHER; BOEHM; FULTON, 2004; TILMAN et al., 2002). A sustentabilidade deve ser avaliada em agroecossistemas experimentais de longa duração, pois os resultados históricos apresentam maior confiabilidade (BERTI et al., 2016). No entanto, experimentos de longa duração são raros, em especial os sistemas complexos de produção orgânica e em regiões tropicais (SHANG et al., 2014; SRINIVASARAO et al., 2014).

O monitoramento e avaliação desses sistemas podem ser feito a partir do uso de indicadores econômicos, sociais e ambientais. Dentre os ambientais, o uso de indicadores de qualidade do solo é útil para acessar o impacto do manejo em sistemas produtivos (RAHMANIPOUR et al., 2014; VEUM et al., 2014). Especialmente em regiões tropicais que são mais vulneráveis a degradação decorrente de práticas agrícolas intensivas (TARCÍSIO GOMEZ et al., 2017).

Os atributos químicos do solo são mais utilizados como indicadores de qualidade do que os físicos e biológicos, devido à sensibilidade dos mesmos ao manejo do solo e por serem relativamente mais baratos e de fácil monitoramento. No entanto, o uso apenas de atributos químicos fornece informações insuficientes para monitorar e avaliar um sistema tão complexo, como o solo. Os diferentes compartimentos da matéria orgânica e a diversidade de fungos micorrízicos arbusculares respondem contribuir com o entendimento das transformações ocorridas no solo quando submetido a determinados manejos (BAHRAM; PEAY; TEDERSOO, 2015; BAINARD et al., 2017; BOWLES et al., 2014; GOTTSCHALL; COOPER; EMERY, 2017; LOSS et al., 2009). O uso dos atributos do solo como indicadores precisa atentar para a grande variabilidade espacial e temporalmente dos solos, em especial em agroecossistemas complexos. Técnicas geoestatísticas podem ser utilizadas (ETTEMA; WARDLE, 2002; SUN; ZHOU; ZHAO, 2003) para que a alta variabilidade espacial ou temporal seja útil como um indicador de sustentabilidade dos agroecossistemas (LIU et al., 2006; HEINZE; RAUPP; JOERGENSEN, 2010; PEUKERT et al., 2012; MOORE et al., 2016; NAVEED et al., 2016).

Além dos indicadores pedológicos, os indicadores agroeconômicos também precisam ser considerados na avaliação dos sistemas orgânicos, pois eles podem indicar a viabilidade econômica de determinadas práticas agrícolas e por isto são de interesse direto de muitos agricultores. A rentabilidade financeira tem sido utilizada como indicador econômico pois ela é fator determinante para a tomada de decisão dos agricultores quando da implantação de novas práticas.

Na tentativa de integrar os diferentes atributos utilizados como indicadores de qualidade do solo, os autores tem desenvolvido índices e indicadores qualitativos e holísticos. Entre eles a cromatografia de papel circular plana, que integram em uma mesma análise mais de um aspecto do solo são promissores, mas carecem de maiores aprofundamentos científicos (FRITZ et al., 2017; HAßOLD-PIEZUNKA, 2003). No Brasil, seu uso é recente, mais comum entre agricultores e técnicos de extensão ligados à agroecologia (PINHEIRO, 2011; RIVERA; PINHEIRO, 2011) e há poucos os trabalhos acadêmicos que comprovem a eficácia do método nas condições edafoclimáticas nacionais (GRACIANO, 2018; PILON, 2017).

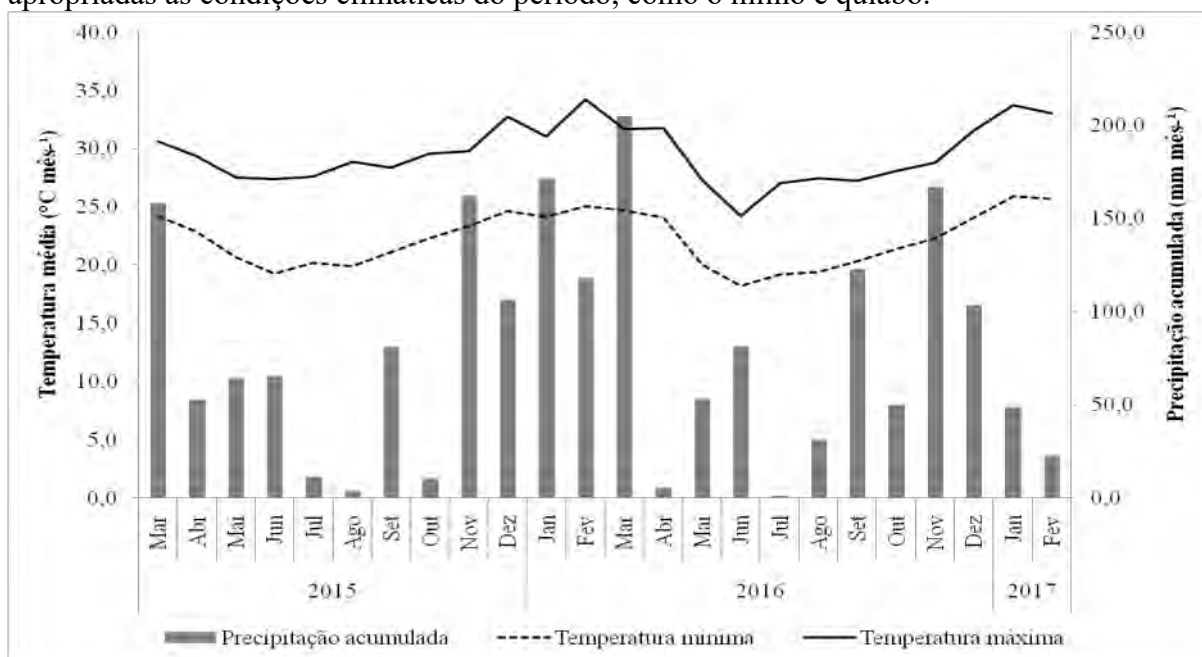
O monitoramento, independente de qual indicador utilizado, precisa de experimentos de longa duração, como o módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças implantado em 2010 (MATA, 2012; MATA et al., 2016; PIAN, 2015), na baixada fluminense. Neste sistema utilizam-se fontes para a fertilização do sistema a partir de materiais vegetais, com produção "in situ" de biomassa vegetal, utilizada para fazer compostagem sem o uso de esterco de origem animal. Além da compostagem vegetal, utiliza-se ainda no cultivo compostos fermentados, a exemplo do bokashi, e agentes alternativos e biológicos para o controle fitossanitário. Desde 2010, este sistema tem sido monitorado utilizando como indicadores a viabilidade econômica, o balanço de nutrientes, os atributos químicos e a matéria orgânica do solo, utilizando técnicas de geoestatística. Entretanto, este agroecossistema evoluiu ao longo do tempo, aumentou sua diversidade e complexidade e exige o uso de outros indicadores integradores e qualitativos para acompanhar a evolução do sistema.

O objetivo deste capítulo foi avaliar a sustentabilidade de um sistema de cultivo orgânico diversificado de hortaliças, de longa duração, baseado na fertilização de origem vegetal, por meio de indicadores de qualidade do solo, da viabilidade agroeconômica em condições da Baixada Fluminense. Mais especificamente, quando aos indicadores de qualidade do solo, é objetivo caracterizar os atributos biológicos e químicos do solo, sendo eles a dinâmica de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), o teor de matéria orgânica, por carbono orgânico total (COT) e fração leve livre (FLL), nutrientes, por pH, fósforo (P) e potássio (K) disponíveis, cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e a cromatografia de papel circular plana.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.4.1 Caracterização do experimento de longa duração

O Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças, implantado em 2010 (MATA, 2012), está localizado no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), mais conhecido como a “Fazendinha Agroecológica Km 47”. O solo é classificado como Planossolo Háplico Típico, caracterizado pela presença de horizonte E arenoso na camada superficial do solo, seguido por horizonte argiloso, chamado de tabatinga, em profundidade aproximada de 1 metro. O clima da região é quente e úmido, com inverno pouco pronunciado. A temperatura média do mês mais frio é superior a 20°C e a temperatura máxima no verão pode ultrapassar 40°C (Figura 1). O regime pluvial é caracterizado pela existência de um período de chuvas no verão e estiagem no inverno, podendo ocorrer veranicos em março e abril. Sendo tipo Aw na classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). Devido às limitações climáticas no verão, altas temperaturas diurnas e noturnas, existem dois ciclos de produção. O ciclo de outono/inverno com produção diversificada e intensiva de hortaliças e o ciclo de primavera/verão em que são priorizados os plantios de adubos verdes e culturas apropriadas às condições climáticas do período, como o milho e quiabo.



**Figura 1.** Temperatura máxima, mínima e precipitação acumulada de março de 2015 a fevereiro de 2017 provenientes da estação meteorológica em Seropédica-RJ.

O experimento de longa duração foi implantado em 2010, desde sua concepção o ano agrícola inicia-se em março, no início do ciclo de produção de hortaliças, e termina em fevereiro do ano seguinte. O objetivo do Módulo é replicar uma propriedade agrícola de pequena escala, sem produção animal vinculada à produção vegetal. A área total é de 1,0 hectare, divididos em sete subsistemas principais (Figura 2):

a. Subsistema Tomate (To): Cultivo de tomate de março a outubro, e cultivo de quiabo ou batata-doce ou adubos verdes de novembro a março. Plantio sem preparo de canteiros com revolvimento mínimo do solo. Pleno sol.

- b. Subsistema Telado: Hortaliças folhosas de março a dezembro, e cultivo de adubos verdes de dezembro a março. Preparo manual de canteiros após cada ciclo de hortaliças. Sombríte permite 70% de incidência solar.
- c. Subsistema Couve (Co): Hortaliças da família brassicaceae (couve folha) de abril a dezembro, e cultivo de quiabo ou adubos verdes de dezembro a abril. Plantio sem canteiros com revolvimento mínimo do solo. Pleno sol.
- d. Subsistema Policultivo: Cultivo de hortaliças folhosas, tubérculos, cucurbitáceas e feijões de março a outubro, e cultivo de milho em consórcio com adubos verdes de outubro a março. Preparo mecanizado do solo (arado, grade e encanteirador) duas vezes ao ano (março e outubro), e manutenção manual dos canteiros após cada colheita de hortaliça. Pleno sol.
- e. Subsistema Gliricídia: Linhas de gliricídia e recebem 3 a 4 podas por ano.
- f. Subsistema Capineira: Cultivo de capim elefante e recebe 3 a 4 cortes por ano.
- g. Subsistema Aléia: Cultivo de batata-doce e culturas entre faixas de gliricídia e sesbânia.



**Figura 2.** Distribuição dos subsistemas (esquerda) e foto aérea (direita) destacando em vermelho o Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças em Seropédica-RJ.

Os subsistemas Policultivo, Couve, Telado e Tomate são destinados à produção intensiva de hortaliças, representando 35% da área total. Os subsistemas Gliricídia, Capineira e Aléia são destinadas à produção de biomassa e de espécies arbóreas, gramíneas e culturas de ciclo longo, representando 47% da área. As demais áreas destinam-se aos plantios limítrofes (tefrósia, flemingea, palmito pupunha e laranja), compostagem e ruas para circulação de pessoas e máquinas, representam aproximadamente 18%. Em toda área, considerando-se os dois ciclos de cultivo, são 29 espécies de hortaliças e frutas cultivadas com finalidade econômica (Tabela 1).

No manejo do Módulo de cultivo são aplicadas práticas agrícolas e tecnologias, inspiradas em agricultores familiares do estado do Rio de Janeiro e, desenvolvidas na própria “Fazendinha Agroecológica Km 47”, durante seus 25 anos consecutivos de pesquisa com sistemas orgânicos de produção e horticultura. Toda a área é planejada com rotação de cultivos, respeitando as limitações edafoclimáticas da região. Nos subsistemas policultivo, telado, tomate e couve são cultivadas hortaliças de março a outubro. A partir de outubro, devido a limitações de temperatura e pluviosidade, no subsistema policultivo é cultivado milho em consórcio com mucuna, buscando renda econômica com o milho e consequente aumento da produtividade e fertilização do solo com o consórcio (EIRAS; COELHO, 2015).

Nesta época, nos subsistemas telado, tomate e couve são cultivados adubos verdes solteiros (mucunas, crotalárias, feijão de porco) ou em consórcio com quiabo e batata-doce. As leguminosas permanecem na área até março, quando são trituradas e incorporadas, por ocasião do preparo do solo para o início de um novo ciclo de hortaliças. O objetivo das espécies leguminosas é fertilizar o sistema, incorporar matéria orgânica e restabelecer o equilíbrio do solo.

**Tabela 1.** Espécies cultivadas para fins comerciais no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças, localizado em Seropédica-RJ.

Culturas	Nome científico
1. Abobora	<i>Cucurbita moscata</i> var. Jacarezinho
2. Alfacecrespa	<i>Lactuca sativa</i> , var. Vera
3. Alface crespa vermelha	<i>Lactuca sativa</i> , var. Scarlet
4. Alface americana	<i>Lactuca sativa</i> , var. Angelina
5. Alface lisa	<i>Lactuca sativa</i> , var. Regina
6. Alface Romana	<i>Lactuca sativa</i> , var. Donna
7. Banana	<i>Musa sp.</i>
8. Batata-doce	<i>Ipomoea batatas</i> , cv. Capivara e Rosinha de verdan
9. Beterraba	<i>Beta vulgaris</i> , var. Early Wonder Tall Top
10. Bertalha	<i>Basella alba</i> , var. local
11. Brócolis	<i>Brassica oleracea</i> , var. Italica
12. Cana de açúcar	<i>Saccharum officinarum</i> L.
13. Cebola	<i>Allium cepa</i>
14. Cebolinha	<i>Allium fistulosum</i> , var. local
15. Coentro	<i>Coriandrum sativum</i> , Português
16. Cenoura	<i>Daucus carota</i> , var. Brasília
17. Couve	<i>Brassica oleracea</i> , var. acephala DC.
18. Chicória	<i>Cichorium endivia</i> , var. Mariana Gigante
19. Laranja	<i>Citrus sinensis</i> , var. Pera
20. Maracujá	<i>Passiflora edulis</i>
21. Milho	<i>Zea Mays</i> , var. Caatigueiro e var. branco
22. Pepino	<i>Cucumis sativus</i> , var. Jóia e var. Racer
23. Quiabo	<i>Abelmoschus esculentus</i> , var. local
24. Rabanete	<i>Raphanus sativus</i> , var. Vip Crimson
25. Rúcula	<i>Eruca sativa</i> , var. Astro
26. Salsa	<i>Petroselinum sativum</i> , var. Lisa Preferida
27. Taioba	<i>Xanthosoma sagittifolium</i> , var. local
28. Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i> , var. Perinha
29. Vagem	<i>Phaseolus vulgaris</i> , var. Alessa e var. Novirex

Os subsistemas gliricídia, capineira e aléia destinam-se à produção de biomassa vegetal, com associação de espécies arbóreas (*Gliricidia sepium* e *Sesbania virgata*), de ciclo longo (capim elefante e cana-de-açúcar) e de ciclo anual (batata-doce, abobora e feijão-guandu) em faixas.

A biomassa vegetal é destinada à produção de compostagem, cobertura vegetal morta dos canteiros das hortaliças, e conseqüentemente, para fertilização do agroecossistema. Além disso, o uso de espécies destinadas à produção de biomassa vegetal e adubação verde tem a função de aumentar a biodiversidade do agroecossistema (Tabela 2). O consórcio de espécies

arbóreas com espécies vegetais de ciclo longo tem como objetivo o máximo aproveitamento da área através do cultivo, concomitante, de espécies de plantas de interesse comercial.

As fontes de fertilização são externas e internas ao sistema de produção. As fontes externas mais utilizadas são o farelo de trigo e de mamona, matérias primas utilizadas para a produção de composto fermentado utilizado como adubação orgânica de plantio. Este é obtido pela fermentação anaeróbica de farelo de mamona e farelo de trigo (proporção de 60:40), após inoculação com microrganismos eficientes (EM - produto comercial Embiotic®) e incubação por 21 dias em bombas plásticas (Figura 3). Adubações de cobertura são feitas com farelo de mamona. Quando necessárias, são feitas reposições com termofosfato, sulfato de potássio, fosfato reativo de rocha e farinha de osso.

**Tabela 2.** Espécies cultivadas para produção de biomassa vegetal, adubação verde e diversificação no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças, localizado em Seropédica-RJ.

Culturas	Nome científico
Capim elefante	<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Napier
Gliricídia	<i>Gliricidia sepium</i>
Crotalária	<i>Crotalaria juncea</i> e <i>C. spectabilis</i>
Feijão de porco	<i>Canavalia ensiformis</i>
Feijão guandu	<i>Cajanus Cajan</i> cv. Mandarin
Flemingia	<i>Flemingia macrophylla</i>
Mucuna	<i>Mucuna pruriens</i> cv. Cinza e cv. preta
Palmeira real	<i>Archontophoenix cunninghamii</i>
Sesbania	<i>Sesbania virgata</i>
Tefrósia	<i>Tefrosia cinapou</i>
Vetiver	<i>Chrysopogon zizanioides</i>

As fontes de fertilização internas, a partir de matéria prima obtida no próprio sistema, são a cobertura vegetal morta e o composto orgânico vegetal. A primeira é composta pela mistura de 50% de palhada de gliricídia e 50% de capim elefante, sendo adicionada aos canteiros de hortaliças. O composto vegetal é preparado em pilhas ou na caixa de compostagem (Figura 3), a partir da mistura de capim elefante e farelo de mamona (proporção de 20:1) ou capim elefante e leguminosas, gliricídia ou flemingia (proporção de 2:1). É utilizado no plantio de cenoura, pepino, couve, tomate e quiabo.

O plantio da grande maioria das hortaliças utiliza mudas, com exceção do pepino, rabanete, cenoura, vagem e cebolinha. Estas mudas e o substrato são produzidos na própria Fazendinha, o substrato é composto por húmus de minhoca, farelo de mamona e fino de carvão vegetal (OLIVEIRA, 2011). As sementes utilizadas são produzidas na própria Fazendinha ou compradas, preferencialmente, de produtores certificados orgânicos, porém devido à pequena disponibilidade de sementes orgânicas no mercado, a maior parte das sementes de hortaliças é convencional.

A irrigação consiste em sistemas mistos, no subsistema policultivo no período de março a outubro utiliza-se gotejamento, em outubro no plantio do milho utiliza-se aspersão. Os subsistemas tomate e couve utilizam gotejamento e os telados são irrigados por microaspersão. Quando necessário, o subsistema aléia é irrigado por aspersão. O agroecossistema utiliza duas fontes de energia. A primeira é elétrica fornecida pela rede de energia, que impulsiona uma bomba que fornece água para os subsistemas policultivo e aleia. A segunda é solar, por meio de duas placas fotovoltaicas, que impulsiona a bomba menor para abastecer os subsistemas Tomate, Telado e Couve.



**Figura 3.** Composto fermentado em produção (A) e pronto para uso (B), cobertura vegetal sobre canteiros de hortaliças (C) e caixas para produção de compostagem (D) no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças, localizado em Seropédica-RJ.

### 3.4.2 Ano agrícola de 2015

O ano agrícola de 2015 compreendeu o período de março de 2015 a fevereiro de 2016, sendo o quinto ano de acompanhamento contínuo desde a implantação do experimento de longa duração. Em relação à gestão da fertilidade do sistema, a produção e o uso de compostagem foi intensificado, através da construção de uma caixa de compostagem (Figura 3-D) no fim do ano de 2014, facilitando e acelerando o processo de revirar a pilha aumentando a qualidade do composto final. O uso de composto fermentado também foi intensificado, pela rapidez do preparo, facilidade na aplicação e pelo efeito sobre as plantas e solo. O uso de farelo de mamona passou a ser utilizado apenas em culturas de ciclo mais longo (couve, tomate, quiabo, milho e batata-doce).

A produção de biomassa vegetal foi superior aos anos anteriores, tanto do capim elefante, mas principalmente de gliricídia, possivelmente, devido à maturação dos blocos plantados em 2012, que entraram em plena produção e vigor. O capim vetiver, plantado nas cercas principais do Módulo de cultivo, começou a ser utilizado na cobertura de canteiros de cebolinha. Por sua decomposição lenta, adequou-se ao ciclo de 120 dias da cultura.

Em relação ao subsistema Policultivo, buscou-se aumentar a diversidade de espécies exploradas comercialmente, como o cultivo de maxixe, brócolis e taioba. Foram estabelecidos 5 canteiros de brócolis, porém devido à baixa produtividade obtida no ano agrícola de 2016, não foi cultivada. Houve aumento no número de variedades de couve utilizadas. A couve manteiga de folha clara, que foi cultivada entre os telados, a couve manteiga de folha escura e a couve híbrida de folha escura, que foram cultivadas no subsistema Couve.



O cultivo de milho no período de primavera/verão foi destinado à produção de fubá de milho branco e amarelo. A semeadura foi em sulcos, nos anos anteriores realizava-se semeadura sobre canteiros. Devido ao excesso de chuva e ventos ocorridos em dezembro e janeiro, foi observado alagamento em grande parte da área (comum em Planossolos), ocasionando o tombamento das plantas no estágio R1, isto é no momento do pendoamento, o que refletiu em produção inferior aos anos anteriores.

Investimentos de longo prazo foram realizados com a implantação de frutíferas, sendo 16 pés de maracujá (azedo e doce) na área de produção de compostagem, 20 pés de banana (variedades nanicão, terra, prata, d'água), entre o primeiro e o segundo bloco de gliricídia. Nova área de cultivo foi iniciada entre as aléias de sesbânia, com o cultivo de abóbora jacarezinho, mas devido a problemas com irrigação, a produtividade foi baixa. Mesmo assim, vislumbra-se a continuação dos cultivos entre estas aléias. O plantio de batata-doce entre as aléias de gliricídia atingiu boas produtividades, superando a média dos anos anteriores.

### **3.4.3 Ano agrícola de 2016**

O ano agrícola de 2016 compreendeu o período entre março de 2016 a fevereiro de 2017. Na tentativa de melhorar a gestão da água, em março de 2016 foi instalado um Tanque classe A, permitindo a avaliação da evapotranspiração aparente da água do solo. Através de cálculos rápidos e tabelas pré-preparadas foi possível decidir o momento e o tempo necessário de irrigação do subsistema Policultivo, com sistema de gotejamento no cultivo de hortaliças.

A rotação do subsistema Tomate foi alterada, em novembro de 2015 foi plantada batata-doce, sucedido por tomate var. perinha em abril de 2016. Nos anos anteriores o tomate sucedia quiabo. O sistema de condução do tomate também foi alterado, antes se desenvolvera steiro, passando a ser tutorado. Em consequência, aumentou-se a densidade de plantas, a produtividade por planta e por área, com menor incidência de doenças.

O cultivo de hortaliças no subsistema Policultivo foi de abril a outubro com o cultivo de 22 variedades comerciais de hortaliças. No início de dezembro, após o cultivo de hortaliças, foi realizado o plantio em sulcos de milho var. Caatingueiro, para produção de Fubá, em consórcio com a mucunacina. O potencial produtivo deste milho é menor em relação a outras variedades, mas por seu ciclo curto, porte baixo e resistência à altas temperaturas adaptou-se às condições de cultivo.

O plantio de frutíferas intensificou-se, com o plantio de 40 pés de bananeiras entre as aléias de sesbânia na área mais inferior do Módulo, em abril de 2016. Em março de 2017 as plantas de sesbânias foram eliminadas do local.

Devido aos resultados do ano anterior, em que o balanço parcial de nutrientes foi negativo para P e K, foram realizadas adubações com sulfato de potássio, farinha de osso, termofosfato e farelo de mamona no subsistema Capineira.

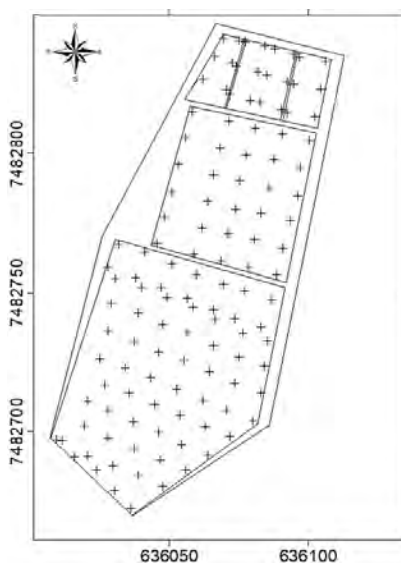
Com o banco de dados gerados anualmente, o planejamento do Módulo de cultivo tem evoluído ano após ano. Alguns pontos ainda são considerados frágeis, como a gestão da água no sistema, melhoria nos tratamentos culturais, a dependência de fontes de fertilização externa (farelo de mamona e farelo de trigo), a gestão do banco de biomassa (que exige muitas horas de trabalho), sazonalidade dos cultivos e da renda (baixa no ciclo primavera/verão) e força de trabalho cada vez mais escassa.

### **3.4.4 Georreferenciamento e coletas**

A área do Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças foi georreferenciada em 2011, por ocasião da implantação do experimento, com uso do GPS,

modelo TRIMBLE PRO XT. Dos pontos georreferenciados inicialmente foram selecionados 116 pontos, distribuídos irregularmente de 10x10 metros (Figura 4),abrangendo as bordas, subsistemas e todas as faixas e separações existentes.Para a avaliação da densidade e diversidade de esporos de FMA foram selecionados 50 pontos, com distribuição irregular de 25x25 metros, devido aos maiores custos e tempo para realização destas análises. Este grid permite à avaliação da variabilidade espacial e a criação de mapas temáticos para os atributos do solo avaliados.

As coletas foram feitas nos pontos georreferenciados, sendo 3 coletas nos anos agrícolas de 2015, 2016 e 2017, em setembro ou outubro de cada ano, após o fim do cultivos de hortaliças. O solo foi coletado na profundidade de 0-10 cm, as amostras processadas como Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) e destinadas aos locais de análises.



**Figura 4.** Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças com destaque para os pontos de coleta georreferenciados em um grid irregular de 116 pontos.

### 3.4.5 Indicadores de sustentabilidade

#### 3.4.5.1 Viabilidade financeira

As despesas foram divididas em custos fixos e custos variáveis, os preços utilizados são valores reais pesquisados no mercado local e regional. Os custos variáveis são o somatório de gastos em força de trabalho, aluguel de máquinas, sementes, mudas, fertilizantes, energia elétrica e a manutenção dos bens. Os levantamentos das horas trabalhadas e de mecanização, insumos utilizados e o peso da colheita foram feitas diariamente com auxílio de caderneta de campo. As hortaliças colhidas passavam por classificação quanto às exigências do mercado, e foram contabilizadas apenas as que atendiam as características comerciais. Os custos com a força de trabalho tiveram como base os valores praticados por empresas de pequeno porte e disponíveis em SINE (2015 e 2016), incluso todos os tributos e encargos trabalhistas.

Os custos fixos abrangem os custos com implantação da área: cercamento da área, sistema de irrigação, ferramentas, materiais para construção do galpão, tanque de lavagem das hortaliças e telados de sombreamento de canteiros, plantio de frutíferas, do banco de produção de biomassa vegetal e o custo de um ano de arrendamento da terra. Para cada bem, calcula-se a depreciação, manutenção, a partir do valor inicial, da vida útil e do valor de sucata, e o custo de oportunidade (GUIDUCCI; LIMA FILHO; MOTA, 2012). O somatório dos custos de

manutenção e oportunidade é o custo fixo mensal. O método de cálculo da depreciação utilizado é denominado método linear ou cotas fixas, que são calculadas dividindo-se o valor inicial do bem pelo número de meses ou anos de duração provável, deduzindo-se do custo inicial, um valor final presumido (MATSUNAGA et al., 1976). O custo de oportunidade é ao valor do investimento (com base no custo fixo) aplicado na caderneta de poupança (0,50% ao mês). O somatório dos custos fixos e variáveis é igual ao custo de operação total (COT).

A produção do Módulo de cultivo foi entregue ao restaurante universitário da UFRRJ ou a outras instituições educacionais e sem fins lucrativos da cidade de Seropédica. A produção foi avaliada por peso (kg) e, quando necessário, transformada para a forma de comercialização de cada produto (molhos, número de cabeças e etc.).

Para a simulação de comercialização da produção, consideraram-se os valores pagos em 2015 e 2016, nos seguintes mercados: a) Orgânico: Feira da Glória pertencente ao Circuito Carioca de Feiras Orgânicas; b) Convencional: Central de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro (CEASA/RJ); e c) Institucional: Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE).

As feiras orgânicas mantêm uma tabela de preços fixos independentemente da época do ano e foi semelhante em 2015 e 2016. No caso do CEASA/RJ, devido à flutuação no preço, utilizaram-se os preços médios ao longo do período em que houve produção de determinada cultura no Módulo de cultivo. O PNAE mantém uma tabela de preços fixos ao longo do ano que sofreu reajuste de 2015 para 2016. No ano de 2015 foram utilizados preços disponíveis na chamada pública do município de Seropédica. Em 2016 foram utilizados os preços praticados no município de Barra do Piraí, região Sul fluminense, pois o município de Seropédica não realizou compras nessa modalidade no referido ano. De acordo com Lei 11.947 de 2009, o preço pago para alimentos orgânicos pode ser 30% superior ao convencional. Além disso, para os alimentos colhidos no módulo, mas que não estavam listados na demanda de compra do município supracitado utilizou-se os mesmos valores pagos pelo CEASA, mais 30% do diferencial de ser orgânico, tendo em vista que, as tabelas de preços das chamadas públicas dos municípios são baseadas nas cotações do próprio CEASA e do Serviço de Informação do Mercado Agrícola (SIMA) da Pesagro-Rio.

A viabilidade financeira foi acessada pelos indicadores: receita bruta (RB), receita líquida (RL), taxa de retorno (TR) e taxa de oportunidade. A receita bruta (RB) foi obtida multiplicando-se a produtividade das culturas pelos valores pagos nos diferentes cenários de comercialização. Para o cálculo de receita líquida (RL) subtraiu-se da RB o COT. A taxa de retorno (TR) ou relação benefício/custo foi calculada mediante a razão entre a RB e o COT. Uma atividade agrícola será viável se tivermos a relação benefício-custo maior que 1 (GUIDUCCI; LIMA FILHO; MOTA, 2012; HOFFMANN et al., 1987).

Para fins de avaliações futuras referentes aos dados econômicos, o valor médio do dólar para venda no ano de 2015 foi de R\$ 3,331 e no ano de 2016 foi de R\$ 3,49 (DEBIT, 2015, 2016).

#### **3.4.5.2 Balanço de nutrientes**

Toda colheita (exportação) foi pesada e amostras foram retiradas. Da mesma forma toda fertilização (entrada), via compostagem, coberturas vegetais mortas e fertilizantes foram pesadas e amostras retiradas. Destas amostras, foram feitas análises de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) em matéria seca no Laboratório de Química Agrícola da Embrapa Agrobiologia (NOGUEIRA; SOUZA, 2005). Pela relação entre exportação e entradas calcula-se o balanço parcial de nutrientes. O peso total das hortaliças colhidas, desde as que atendiam aos padrões comerciais e as consideradas “descarte”, foram incluídas no balanço parcial de nutrientes.

Nos anos anteriores o balanço foi calculado de forma global para todo o agroecossistema (MATA, 2016), a partir de 2015 foi acrescido o balanço por exploração agrícola. Sendo um balanço para a produção de hortaliças (Subsistemas tomate, telado, couve e policultivo) e outro para a produção de biomassa vegetal (subsistemas gliricídia, capineira e aleia). Devido à importância dos resultados para verificar as mudanças em função do manejo adotado e, assim, realizar ajustes no manejo da fertilização e uso do solo.

### **3.4.5.3 Atributos químicos e físicos do solo**

As análises físicas de textura foram feitas no Laboratório de Física do Departamento de Solo da UFRRJ, utilizou-se o método da pipeta (EMBRAPA, 1997) para definir a granulometria do solo (argila total, areia fina, areia grossa e silte). As análises de fertilidade dos solos foram feitas pelo Laboratório de Química Agrícola (LQA) na Embrapa Agrobiologia, com a determinação dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e pH (TEIXEIRA et al., 2017).

De 2010 a 2014 foram avaliados os teores de alumínio e nitrogênio, sem grandes alterações ao longo dos anos, as médias de alumínio variaram de 0,00 a 0,03  $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$  e o valor de nitrogênio manteve-se em 0,8  $\text{gkg}^{-1}$ . Por isso optou-se por não avaliá-los.

### **3.4.5.4 Matéria orgânica do solo**

Os teores de carbono orgânico total (COT) (WALKLEY; BLACK, 1934) foram determinados no Laboratório de Matéria Orgânica da UFRRJ. O fracionamento físico da matéria orgânica foi realizado pelo método densimétrico (CONCEIÇÃO et al., 2008), pesou-se 10 g de TFSA, e foram dispostos em tubo de centrífuga de 100 mL, contendo 80 mL de solução densa. Utiliza-se solução de iodeto de potássio (NaI), com densidade de 1,8  $\text{kgL}^{-2}$ . Esta solução permanece em repouso por 12 h e o sobrenadante contendo a Fração Leve (FLL) filtrado, sob vácuo, em filtro Whatman nº1. Para retirar o excesso de sal (NaI), o filtro + FL é lavado com água destilada, sendo seco a 60°C por 24 horas e quantificado.

### **3.4.5.5 Determinação da comunidade micorrízicas**

A simbiose micorrízica foi caracterizada pela contagem de glomerosporos e pela quantificação da proteína do solo reativa ao corante Bradford, chamada de glomalina. As análises foram feitas no laboratório de Biologia dos Solos do Departamento de Solos da UFRRJ e no laboratório de Micorrizas da Embrapa Agrobiologia. Para extração dos esporos 50 g de solo foram pesados e seguiu-se metodologia de peneiramento úmido (GERDEMANN; NICOLSON, 1963) e centrifugação com água e sacarose (DANIELS; SKIPPER, 1982), seguida da contagem dos glomerosporos íntegros.

A glomalina foi separada em fração facilmente extraível (GFE) e fração total (GT) (WRIGHT; UPADHYAYA, 1998). Para cada fração pesou-se 1g de TFSA das amostras de solo. A GFE foi obtida pela diluição da TFSA em 8 mL de citrato de sódio (20  $\mu\text{M}$ , pH 7,0) em temperatura de 121°C por 30 minutos, com posterior centrifugação por 15 minutos a 5000 rpm e coleta do sobrenadante. Já na GT utilizou citrato de sódio (50  $\mu\text{M}$  e pH 8,0) em temperatura de 121°C por 60 minutos para diluição, com posterior centrifugação por 10 minutos a 5000 rpm e coleta de sobrenadante. Para GT foram repetidos ciclos para a extração completa da fração, até que se observe coloração amarelo-clara nas amostras.

Os sobrenadantes são quantificados (BRADFORD, 1976; WRIGHT; UPADHYAYA, 1996) usando como padrão o soro albumina bovina. Considerando o volume total de

sobrenadante e do peso da matéria seca das amostras de solo, corrige-se para  $\text{mgg}^{-1}$  a concentração.

### 3.4.5.6 Estatística descritiva e geoestatística

Para avaliar a variabilidade espacial dos atributos do solo foram aplicadas técnicas geoestatísticas (VIEIRA et al., 2002). Previamente, foi realizada a análise estatística descritiva (média, variância, valor máximo e mínimo, desvio padrão, coeficiente de variação e assimetria), que foi utilizada para avaliar a magnitude da dispersão dos dados e os pressupostos da função distribuição de probabilidade (normalidade). Posteriormente, para cada atributo do solo, foram calculadas semivariâncias experimentais para avaliação da dependência espacial e um modelo teórico que melhor representou a variabilidade dos dados. A semivariância experimental,  $\gamma(h)$ , de  $n$  observações espaciais  $Z(x_i)$ ,  $i = 1, \dots, n$ , foi calculada usando a equação 1:

$$\gamma(h) = [1 / (2N(h))] \sum_{i=1}^n [Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2 \quad (1)$$

Onde:

$\gamma(h)$  = semivariância experimental;

$N(h)$  = o número de observações separadas por uma distância  $h$ ;

$Z(x_i)$  = o valor do atributo do solo medido em um ponto específico ( $x_i$ ) da grade;

$Z(x_i+h)$  = o valor do atributo do solo medido em um ponto de vizinhança específico à parte por uma distância  $h$  ( $x_i+h$ );

Os modelos teóricos foram ajustados aos semivariogramas (gráfico mostrando o valor de semivariâncias versus distâncias) através da otimização dos melhores valores para os seguintes parâmetros: efeito pepita ( $C_0$ ), contribuição ( $C_1$ ) e faixa ( $a$ ). O  $C_0$  representa a parte aleatória da semivariância (erro devido aos procedimentos experimentais, espaçamento entre linhas e herdabilidade do atributo do solo), enquanto o  $C_1$  representa a parte estrutural da semivariância ou a parte da semivariância que depende da distância, e é explicado pelo modelo ajustado. O intervalo ( $a$ ) representa a distância máxima atingida pela dependência espacial. O índice [ $C_0 / (C_0 + C_1)$ ] foi utilizado para indicar o 'RandomnessRatio' (RR), que foi classificado como fraco (menor que 25%), moderado (entre 25-75%) ou forte aleatoriedade (maior que 75%). Este índice relativiza a proporção da semivariância aleatória ( $C_0$ ) em relação à semivariância total ( $C_0 + C_1$  = patamar) (CAMBARDELLA et al., 1994).

O modelo teórico foi validado pela ferramenta Jack-knife (auto-validação ou validação cruzada). Posteriormente, mapas de variabilidade espacial de cada atributo de solo foram gerados pelo método de krigagem ordinária (OK). OK utiliza apenas dados primários (como COT, pH, Ca e etc.), aqui chamados de  $Z_i(u)$ , medidos nos locais amostrados para estimar os mesmos dados primários em locais não amostrados, aqui chamados ( $Z^{*ok}(u)$ ). A estacionariedade da média é assumida apenas dentro de uma vizinhança local  $W(u)$ , centrada na localização  $u$  sendo estimada. Aqui, a média é considerada como um valor constante mas desconhecido, isto é,  $m(u) = \text{constante}$  mas desconhecida,  $u \in W(u)$ . O estimador OK (Eq. 2) é escrito como uma combinação linear dos dados  $n(u)$   $Z_i(u)$  com uma única restrição de imparcialidade (Eq. 3), conforme abaixo:

$$Z^{*ok}(u) = \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} Z_{\alpha}(u) \quad (2)$$

$$\text{Com } \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} = 1 \quad (3)$$

A média local desconhecida  $m(u)$  é filtrada do estimador linear forçando os pesos de krigagem ( $\lambda$ ) a somar a 1 (Eq. 3). Os pesos  $\lambda$  são escolhidos de modo que a estimativa  $Z^{*ok}(u)$  seja imparcial e que a variância de estimação  $\sigma^2_{ok}(u)$  (Eq. 4) seja menor do que para qualquer outra combinação linear dos valores observados. A variância mínima de  $Z^{*ok}(u)$  é dada por:

$$\sigma^2_{ok}(u) = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_{\alpha} \gamma(u_i, u) + \mu \quad (4)$$

E, é obtido quando:

$$\sum N_i = 1 \lambda \alpha \gamma (u_i, u_j) + \mu = \gamma (u_1, u_0) \quad (5)$$

Onde:

$\mu$  = o multiplicador de Lagrange necessário para a minimização.

$\gamma (u_i, u_j)$  = a semivariância de z entre os pontos de amostragem  $u_i$  e  $u_j$ ;

$\gamma (u_1, u_0)$  = a semivariância de z entre o ponto de amostragem  $u_1$  e o ponto não visitado  $u_0$ ;

Ambas as grandezas  $\gamma (u_i, u_j)$  e  $\gamma (u_1, u_0)$  são obtidas a partir do modelo teórico ajustado ao semivariograma experimental. Tanto a estatística descritiva quanto a análise geoestatística foram realizadas utilizando o software Geoestat (Vieira et al., 1983). A edição final dos mapas de variabilidade espacial dos atributos (com resolução espacial de 1x1 m) foi gerada usando o ArcGis 9.3 (Copyright Esri).

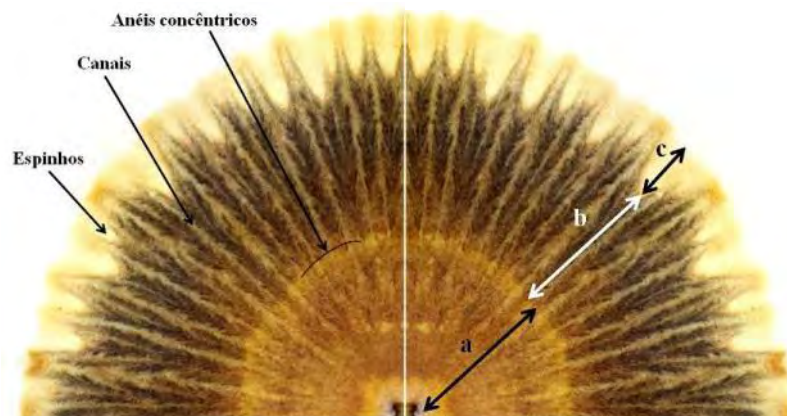
### 3.4.5.7 Cromatografia de papel circular plana

A metodologia foi descrita por E. Pfeiffer (PFEIFFER, 1984) e posteriormente aperfeiçoada (RIVERA; PINHEIRO, 2011). Inicialmente se preparou o papel filtro circular (Whatmann<sup>o</sup>1), com 15 cm de diâmetro. A partir do centro do papel, marcou-se os locais, aos 4 e 6 cm do centro. Em seguida, os papéis filtro foram perfurados no centro, utilizando perfurador de 2 mm de diâmetro. Uma segunda folha de papel filtro n<sup>o</sup>4 foi quadriculada de 2 cm x 2 cm, com risca suave de lápis. Estes pequenos quadrados foram recortados e enrolados, formando pequenos rolos de papel. A amostra de solo (TFSA) foi pesada (5g) e adicionou-se 10 mL da solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 1%. Agitou-se por 1 hora e permanece em descanso por 6 horas.

Para impregnar o papel de filtro com solução de nitrato de prata ( $AgNO_3$ ) a 0,5%, a solução foi colocada em uma placa de 3 cm de diâmetro e esta acondicionada dentro de uma placa de petri de 12 cm. O rolo de papel foi colocado no orifício central do papel filtro e mergulhado na solução, a impregnação ocorreu até a marca dos 4 cm. Após a impregnação, o papel foi retirado e colocado, entre folhas absorventes brancas, dentro de uma caixa escura para secar por 3 horas, sem contato com luz, pois o nitrato de prata reage na presença de luz.

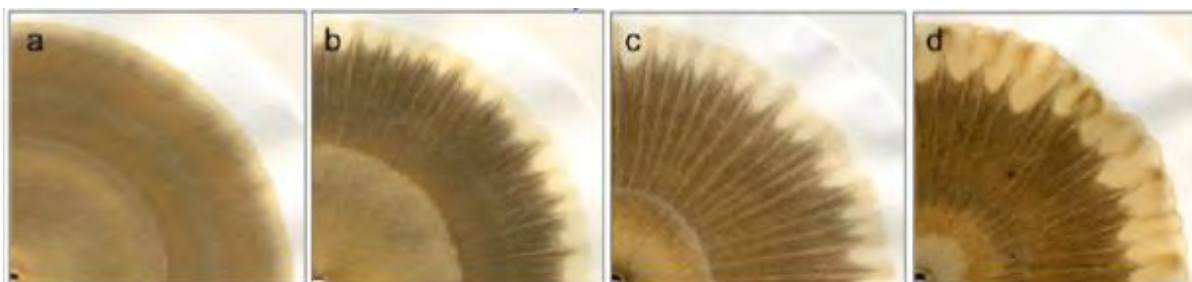
Após seis horas de repouso, o sobrenadante da solução do solo foi pipetado cuidadosamente e transferido para a placa de 3 cm de diâmetro, alojada em uma placa de Petri de 12 cm. O papel filtro com nitrato de prata foi retirado da câmara escura, um novo rolo de papel foi colocado no seu centro e depositado sobre a placa com solução do solo, para que esta impregne o mesmo. O rolo foi retirado quando a impregnação atingiu a marca de 6 cm.

O 'cromatograma' permaneceu em contato com a luz por 7 dias, pendurado em varais, para a reação completa. Após este período iniciou-se a interpretação, por meio da observação, descrição e mensuração dos padrões do cromatograma. A descrição leva em consideração a forma geral, a integração entre zonas e padrões internos característicos como canais, anéis concêntricos e o padrão da zona externa, chamada de espinhos (Figura 5) (KOKORNACZYK et al., 2017; RIVERA; PINHEIRO, 2011).



**Figura 5.** Anéis concêntricos, canais e espinhos, zona interna (a), intermediária (b) e externa (c) característicos do cromatograma.

A mensuração da intensidade da cor (textura) da zona central e intermediária foi aferida no software de manipulação de imagens ImageJ<sup>®</sup>, por meio de uma leitura sensível do brilho e intensidade dos pixels. A mensuração do raio total e das zonas central, intermediária e externa foi feita manualmente, com auxílio de paquímetro. Notas foram atribuídas quanto ao padrão de desenvolvimento dos cromatogramas, seguindo escala desenvolvida por Kokornaczyket al. (2017) (Figura 6), com atribuição de notas de 1 a 4, em que o maior valor é atribuído as cromatogramas com maior complexidade de canais e espinhos, menor diferenciação dos anéis concêntricos e mudança gradual do gradiente de cores. Maiores detalhes sobre a metodologia e interpretação dos cromatogramas são fornecidos no Anexo I.



**Figura 6.** Padrão de desenvolvimento do cromatograma (a - d), escala utilizada para avaliação do maior desenvolvimento de canais e espinhos e menos diferenciação de anéis concêntricos (adaptada de Kokornaczyket al., 2017).

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Módulo de cultivo foi concebido metodologicamente como um experimento de longa duração. Os resultados dos anos agrícolas de 2015 e 2016 aqui apresentados são um recorte de uma linha do tempo que se iniciou em 2011, continuou em 2017 e 2018 e seguirá por tempo indeterminado.

#### 3.5.1 Produção e produtividade

A produção total do ano agrícola 2015 foi de 16.050,10 kg e de 15.379,89 kg no ano de 2016, uma redução de 670,21 kg (Tabela 3). O histórico produtivo do Módulo de cultivo foi de 17.952 kg em 2011, de 16.762 kg em 2012, de 19.842 kg em 2013 e de 18.414 kg em 2014 (MATA, 2012, 2016). Representa uma diminuição de 10,6% em 2015 e 14,3% em 2016 em relação a 2011. No ano agrícola de 2017 a produção foi de 12.790,0 kg, devido, principalmente, a dificuldades relacionadas à falta de mão de obra (SILVA, 2018).

Esta diminuição gradual da produção se deve a mudanças no manejo do sistema de produção e também por tomada de decisões quanto à intensificação do trabalho e exploração da área. Aparentemente, pode representar um aspecto negativo da evolução do agroecossistema, uma vez que na mesma área houve menor produção de alimento. Por outro lado, mudanças de manejo tomadas objetivando uma exploração mais racional dos recursos existentes, representam para o trabalho um aspecto positivo, visto que podem resultar em mudanças positivas no balanço parcial de nutrientes e a na viabilidade financeira.

Em decorrência do aperfeiçoamento do manejo do sistema, algumas culturas como tomate, quiabo, pepino, cenoura elevaram sua produtividade consideravelmente de 2015 para 2016. A alta produção e produtividade das alfaces, bertalha, cebolinha e chicória foram consideradas altas em relação à produtividade média do estado. Outras hortaliças estão muito abaixo da média estadual como a abóbora, beterraba, couve, milho, pepino, quiabo e tomate.

A produção de hortaliças folhosas (alfaces e chicória) foi menor em 2016 em relação a 2015, apesar disso a importância destas hortaliças não diminuiu, representando 58,53% da produção em 2015 e 57,26% em 2016. A decisão de priorizar a produção de hortaliças folhosas foi tomada na concepção do experimento. Muitas vezes devido à falta de mão de obra e a priorização de outras tarefas, não é possível realizar todos os tratamentos culturais (capina, raleio, cobertura vegetal e etc.), resultando em baixas produtividades. Indicando a necessidade de melhorias no manejo das culturas.

Essas culturas com produtividade inferior a média mensal desempenham papel importante para a dinâmica do agroecossistema. Aumentando a diversidade de plantas cultivadas e trazendo benefícios tanto do ponto de vista do manejo agrícola (aproveitamento dos recursos do solo, ciclagem de nutrientes, controle biológico conservativo e etc.), quanto para a composição da renda e atendimento de exigências de mercados específicos, como nas feiras, onde é requerida diversidade de produtos ofertados.

Devido ao início da produção de maracujá e banana, a porcentagem de produção proveniente de frutíferas foi de 1,98% em 2015 para 5,61% em 2016. No ano de 2017 a banana produziu 154,0 kg, iniciando sua produção efetiva (SILVA, 2018). Espera-se que o impulso de introduzir mais frutíferas no agroecossistema continue nos próximos anos.



**Tabela 3.** Produção e produtividade por cultura nos anos agrícolas de 2015 e 2016 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças e produtividade média do Rio de Janeiro.

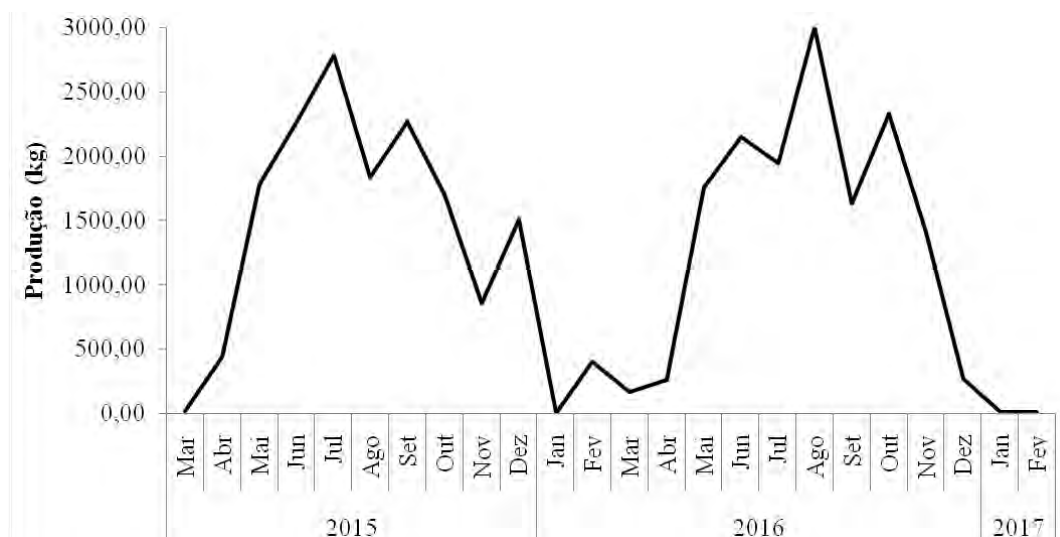
Cultura <sup>1</sup>	Ano agrícola				Produtividade RJ <sup>3</sup> (Mg ha <sup>-1</sup> )
	2015		2016		
	Produção <sup>2</sup> (kg)	Produtividade (Mg ha <sup>-1</sup> )	Produção (kg)	Produtividade (Mg ha <sup>-1</sup> )	
Abóbora	124,12	8,27	56,10	5,60	15,10
A. americana	1.664,11	29,72	1.527,30	43,64	25,02
A. crespa	2.417,04	26,86	2.118,70	26,48	25,02
A. romana	0,00	0,00	237,90	47,58	25,02
A. vermelha	520,62	18,93	624,80	50,39	25,02
A. lisa	2.360,92	34,98	1.511,56	12,50	25,02
Banana	0,00	0,00	10,00	1,67	5,89
Batata-doce	250,88	8,36	402,40	11,50	14,99
Bertalha	840,04	33,60	444,60	35,57	21,02
Beterraba	60,65	0,00	59,50	11,90	25,53
Brócolis	251,81	8,09	0,00	0,00	22,02
Cana-açúcar	636,00	42,40	0,00	0,00	--
Cebola	60,00	24,00	0,00	0,00	--
Cebolinha	737,40	29,50	455,02	22,75	16,27
Cenoura	618,40	17,67	644,00	42,93	27,64
Chicória	2.430,96	33,53	2.785,11	39,79	28,29
Coentro	154,56	15,46	264,40	17,63	16,30
Couve	372,59	14,90	329,07	13,16	42,00
Laranja	317,20	12,69	332,60	13,30	12,20
Maracujá	0,00	0,00	519,20	25,80	12,34
Maxixe	48,00	9,60	0,00	0,00	9,00
Milho grão	472,00	1,57	337,80	1,12	4,86
Mostarda	0,00	0,00	112,50	11,25	--
Pepino	77,28	5,15	430,14	28,68	45,69
Quiabo	41,25	0,92	135,35	6,77	11,27
Rabanete	549,96	36,66	432,30	17,29	
Rúcula	231,98	8,44	548,60	18,29	18,39
Salsa	324,02	43,20	300,45	24,04	31,02
Taioba	0,00	0	78,16	15,63	--
Tomate	113,43	4,54	352,93	14,12	20,37
Vagem	374,88	12,50	329,40	21,96	17,50
<b>Total</b>	<b>16.050,10</b>		<b>15.379,89</b>		

<sup>1</sup>A. – Alface; <sup>2</sup> Somatório das colheitas durante o ano agrícola; <sup>3</sup> Produtividade média do estado do Rio de Janeiro; Fonte: Acompanhamento Sistemático da Produção Agrícola - ASPA, Estado do Rio de Janeiro, 2016 - SISTEMA AGROGEO/ EMATER-RIO/CPLAN/NIDOC.

Observa-se uma grandesazonalidade da produção nos dois anos estudados(Figura 7), esta sazonalidade existe desde a criação do Módulo de cultivo, devido às limitações edafoclimáticas (Figura 1). A alta temperatura e pluviosidade, associada a solos com má drenagem, dificultam a distribuição mais uniforme da produção erenda noMódulo de cultivo.

Durante o ciclo de primavera/verão, apenas a bertalha, a couve, o quiabo, a batata-doce e o milho produzem. Nota-se então a necessidade de superar esta sazonalidade.Nesta época a necessidade de trabalho na produção de hortaliças diminui, sendo deslocada para

outras áreas do sistema de produção, como a manutenção e organização de estruturas e construções, férias dos trabalhadores e um possível descanso nas épocas de festas. Esta sazonalidade é comum em sistemas de produção da baixada fluminense, a solução encontrada por alguns agricultores da região é o aumento da diversidade, produção de frutas, cultivo protegido (OLIVEIRA et al., 2014b) ou implantação de sistemas agroflorestais.



**Figura 7.** Produção por mês nos anos agrícolas de 2015 e 2016 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

### 3.5.2 Viabilidade financeira

A viabilidade financeira é o único indicador de sustentabilidade econômico do Módulo de cultivo. Na literatura brasileira e mundial não foram encontrados relatos de um agroecossistema experimental de longa duração que avalie parâmetros econômicos. A avaliação da viabilidade financeira, principalmente, no que abrange o levantamento da força de trabalho, exigiu atenção, dedicação e cuidados experimentais na coleta dia a dia e processamento do grande volume de dados.

#### 3.5.2.1 Simulações de venda e renda bruta

Pela análise dos valores de renda bruta (Tabela 4) e mensal (Figura 6) é nítida a diferença entre os canais de comercialização. Os preços praticados em feiras orgânicas foram em média 65% superior ao preço da comercialização convencional, chegando a quase 90% para as frutas e tubérculos (cenoura, beterraba, rabanete e batata doce).

Em 2015, a comercialização em mercado orgânico, em feiras orgânicas na zona sul do Rio de Janeiro, a renda bruta anual foi superior a comercialização institucional e convencional na ordem de 16,42% e 45,10%, respectivamente (Tabela 4).

De 2015 para 2016, a renda bruta diminuiu em todas as formas de comercialização, refletindo a redução na produção global do agroecossistema. Em 2016, a renda bruta no mercado orgânico foi superior ao institucional e convencional na ordem de 20,24% e 45,17%, respectivamente.

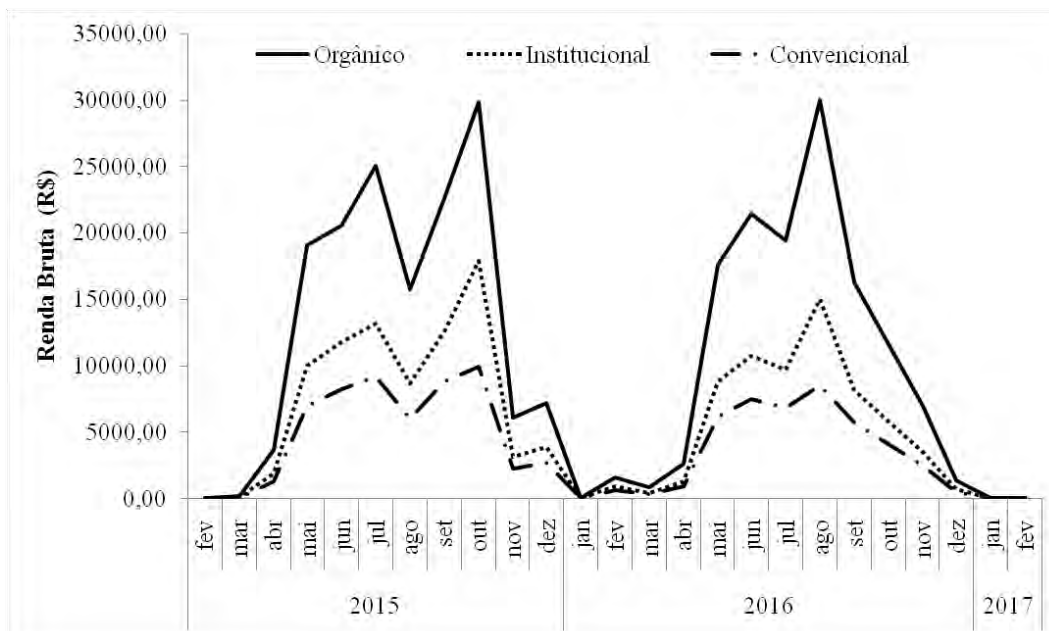
Em 2017 em relação ao ano anterior, a receita bruta diminuiu levemente no mercado orgânico (R\$ 143.814,33), aumentou no mercado institucional (R\$ 103.954,65) e diminuiu consideravelmente na comercialização convencional (R\$ 35.703,1). A diferença entre a renda bruta do mercado orgânico foi 27,71% e 75,15% superior ao mercado institucional e convencional, respectivamente (SILVA, 2018).

**Tabela 4.** Produção por cultura, preço praticado e renda bruta em mercado orgânico, institucional e convencional nos anos agrícolas de 2015 e 2016 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

Cultura	Ano agrícola														
	2015						2016								
	Produção <sup>1</sup> (kg)	Preço (R\$) <sup>2</sup>			Receita (R\$)			Produção (kg)	Preço (R\$)			Receita (R\$)			
Orgânico		Institucional	Convencional	Orgânico	Institucional	Convencional	Orgânico		Institucional	Convencional	Orgânico	Institucional	Convencional		
Abóbora	124,12	5,00	2,20	1,63	620,60	273,06	434,42	56,10	5,00	2,20	2,85	280,50	123,42	196,35	
Alface americana	1.664,11	2,50	2,28	0,97	13.927,50	12.701,88	8.356,50	1.527,30	2,50	2,28	1,08	13.884,55	12.662,71	8.330,73	
Alface crespa	2.417,04	2,50	2,28	0,96	26.312,50	23.997,00	15.787,50	2.118,70	2,50	2,28	1,11	21.187,00	19.322,54	12.712,20	
Alface romana	0,00	2,50	2,28	0,96	0,00	0,00	0,00	237,90	2,50	2,28	0,83	2.162,73	1.972,41	1.297,64	
Alface vermelha	520,62	2,50	2,28	0,90	9.175,00	8.367,60	5.505,00	624,80	2,50	2,28	1,08	6.248,00	5.698,18	3.748,80	
Alface lisa	2.360,92	2,50	2,28	0,88	26.330,00	24.012,96	15.798,00	1.511,56	2,50	2,28	1,14	15.115,60	13.785,43	9.069,36	
Banana	0,00	6,00	4,39	1,50	0,00	0,00	0,00	10,00	4,00	4,39	1,50	40,00	43,90	20,00	
Batata-doce	250,88	8,00	4,52	0,93	2.007,04	1.133,98	878,08	402,40	8,00	4,52	1,33	2.007,04	1.133,98	878,08	
Bertalha	840,04	3,00	1,66	2,40	5.040,24	2.788,93	2.520,12	444,60	3,00	1,66	2,75	2.667,60	1.476,07	1.333,80	
Beterraba	60,65	10,00	4,00	1,33	606,50	242,60	242,60	59,50	10,00	4,00	0,83	595,00	238,00	238,00	
Brócolis	251,81	3,00	2,80	2,50	2.158,35	2.014,46	1.798,63	0,00	3,00	2,80	2,50	0,00	0,00	0,00	
Cana-de-açúcar	636,00	1,00	0,70	0,50	636,00	445,20	318,00	0,00	1,00	0,70	0,50	0,00	0,00	0,00	
Cebola	60,00	10,00	1,45	1,25	600,00	87,00	240,00	0,00	10,00	1,45	1,25	0,00	0,00	0,00	
Cebolinha	737,40	2,50	3,40	5,13	7.374,00	10.028,64	2.949,60	455,02	2,50	3,40	4,88	4.550,20	6.188,27	1.820,08	
Cenoura	618,40	10,00	4,60	1,15	6.184,00	2.844,64	2.473,60	644,00	10,00	4,60	1,22	6.440,00	2.962,40	2.576,00	
Chicória	2.430,96	2,50	2,47	1,23	24.195,00	23.904,66	14.517,00	2.785,11	2,50	2,47	1,47	25.319,18	25.015,35	15.191,51	
Coentro	154,56	2,50	2,47	3,00	1.545,60	1.527,05	618,24	264,40	2,50	2,47	4,00	2.644,00	2.612,27	1.057,60	
Couve	372,59	4,00	2,45	5,00	5.012,92	3.070,41	2.506,46	329,07	4,00	2,45	3,71	4.387,60	2.687,41	2.193,80	
Laranja	317,20	5,00	3,44	1,50	1.586,00	1.091,17	475,80	332,60	5,00	3,44	1,28	1.663,00	1.144,14	498,90	
Maracujá	0,00	10,00	4,00	1,50	0,00	0,00	0,00	446,77	10,00	4,00	1,28	4.467,70	1.787,08	2.680,62	
Maxixe	48,00	7,00	1,75	1,50	336,00	84,00	192,00	0,00	7,00	1,75	4,00	0,00	0,00	0,00	
Fubá	472,00	16,00	3,22	2,50	5.036,80	1.013,66	2.518,40	337,00	16,00	3,22	2,50	5.392,00	1.085,14	2.696,00	
Mostarda	0,00	2,50	0,45	0,45	0,00	0,00	0,00	112,50	4,00	0,45	0,83	900,00	101,25	450,00	
Pepino	77,28	7,00	2,52	0,83	540,96	194,75	193,20	430,14	7,00	2,52	1,01	3.010,98	1.083,95	1.075,35	
Quiabo	41,25	8,00	3,17	2,33	330,00	130,76	247,50	135,35	8,00	3,17	1,50	1.082,80	429,06	812,10	
Rabanete	549,96	8,00	2,60	1,00	4.399,68	1.429,90	1.374,90	432,30	8,00	2,60	2,50	3.458,40	1.123,98	1.080,75	
Rúcula	231,98	2,50	2,56	6,50	1.933,17	1.979,56	1.546,53	548,60	2,50	2,56	5,50	4.571,67	4.681,39	3.657,33	
Salsa	324,02	2,50	3,40	4,07	3.138,80	4.268,77	1.255,52	300,45	2,50	3,40	3,05	3.004,50	4.086,12	1.201,80	
Taioba	0,00	3,00	0,85	1,69	0,00	0,00	0,00	78,16	4,00	0,85	1,69	625,28	132,87	312,64	
Tomate	113,43	14,00	7,80	5,00	1.588,02	884,75	907,44	352,93	14,00	7,80	6,50	4.941,02	2.752,85	2.823,44	
Vagem	374,88	12,00	3,02	2,22	4.498,56	1.132,14	1.499,52	329,40	12,00	3,02	1,50	3.952,80	994,79	1.317,60	
<b>Total</b>	<b>16.050,1</b>				<b>155.113,2</b>	<b>129.649,5</b>	<b>85.154,5</b>	<b>15.306,6</b>				<b>144.599,1</b>	<b>115.324,9</b>	<b>79.270,4</b>	

<sup>1</sup> Somatório de todas as colheitas do ano agrícola; <sup>2</sup> Preço praticado nos canais de comercialização: Orgânico – Circuito carioca de feiras orgânicas; Institucional – PNAE; Convencional – CEASA/RJ.

A sazonalidade na produção se reflete na sazonalidade da renda bruta ao longo dos 2 anos acompanhados (Figura 7). A renda bruta variou de aproximadamente 100,0 R\$ mês<sup>-1</sup> em dezembro, janeiro e fevereiro a aproximadamente 20.000 R\$ mês<sup>-1</sup> em junho, julho, agosto, setembro e outubro. Os picos observados nos meses de outono/inverno (Figura 8), na comercialização orgânica e institucional devem-se a produção de hortaliças folhosas, tais como alface e chicória. Cultivos com maior volume de produção, aliada ao preço elevado destes produtos nos dois mercados. Estes picos e a sazonalidade também foram observados no ano de 2017, destacando a importância de planejar estratégias que aumentem o volume de produção e comercialização nos meses de primavera/verão.



**Figura 8.** Renda bruta mensal nos anos agrícolas de 2015 e 2016 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

A produção e o consumo de sementes equivalem às sementes produzidas no próprio Módulo de cultivo (Tabela 5). As sementes de hortaliças adquiridas no mercado (rabanete, cenoura, coentro, rúcula, pepino e salsa) foram computadas nos custos variáveis. Além das rendas monetárias obtidas pela comercialização das hortaliças é importante ressaltar as rendas não monetárias produzidas por uma propriedade agrícola. São os bens não comercializados, mas que contribuem com a permanência do agricultor na sua atividade, seja diminuindo custos e dependência do mercado ou aumentando a segurança alimentar, biodiversidade do sistema e a fertilidade do solo. Por exemplo, sementes, produção de biomassa vegetal, composto vegetal e alimento para consumo familiar, são produtos não comercializáveis.

Neste estudo simulou-se que todo alimento produzido foi comercializado, porém em condições reais o agricultor familiar se beneficia de parte desta produção para consumo próprio ou para realizar trocas entre vizinhos. Destacando a importância da diversidade de culturas no agroecossistema, que impacta também nas pessoas envolvidas com a produção, que se beneficia de uma dieta diversificada com efeito positivo sobre a saúde da família (MOREIRA, 2005).

**Tabela 5.** Sementes produzidas (renda não monetária) nos anos agrícolas de 2015 e 2016 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

Semente	Consumo (kg)	Produção (kg)
Milho var. caatingueiro	26,00	57,75
Milho branco	5,20	13,70
Feijão vagem var. novirex	6,30	13,00
Quiabo	0,32	0,70
Coentro	0,90	0,25
Bertalha	0,50	0,70
Tomate perinha	0,85	3,95
<i>Crotalariajuncea</i>	3,29	21,90
<i>Crotalaria spectabilis</i>	0,10	4,80
Feijão de porco	6,00	13,90
Feijão Lab-lab	0,35	12,70
Mucuna cinza	7,20	23,80
<i>Tefrosi acinapou</i>	0,00	2,00
Flemingea	0,00	0,50
<b>Total</b>	<b>37,24</b>	<b>140,35</b>

### 3.5.2.2 Custos de produção

A avaliação dos custos de produção se inicia com o custo fixo (Tabela 6), calculado a partir dos investimentos no ano de 2010 na implantação do sistema de produção e ao longo dos anos com aquisições de materiais permanentes. O custo fixo anual foi de R\$ 4654,1.

O sistema de irrigação representa a maior parcela do custo fixo (26,2%). Devido ao alto valor investido ao longo dos anos e a sua baixa vida útil. Em 2014 implantou-se um novo sistema de irrigação por microaspersão associado à energia solar nos subsistemas Telados, Tomate e Couve.

**Tabela 6.** Custos fixos para a implantação e manutenção do Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças, nos anos agrícolas de 2012 a 2016.

Bens <sup>1</sup>	Valor inicial	Sucata	Vida	Depreciação		Oportunidade	Custo fixo
	R\$	R\$	ano	R\$ ano <sup>-1</sup>	R\$ mês <sup>-1</sup>	R\$ mês <sup>-1</sup>	R\$ mês <sup>-1</sup>
Cerca	2.460,0	246,0	20,0	135,3	11,3	10,3	21,5
Sistema de irrigação	6.293,3	629,3	7,0	988,9	82,4	26,2	108,6
Telados	2.961,2	740,3	20,0	185,1	15,4	12,3	27,8
Galpão e tanque	3.210,0	963,0	30,0	139,1	11,6	13,4	25,0
Ferramentas	4.064,3	406,4	10,0	447,1	37,3	16,9	54,2
B. biomassa e pomar	2.701,4	1350,7	25,0	162,1	13,5	11,3	24,8
Custo da terra	1.440,0					6,0	126,0
<b>Valor Total</b>	<b>23.130,2</b>				<b>171,5</b>	<b>96,4</b>	<b>387,8</b>

<sup>1</sup> Benfeitorias e cultivos permanentes adquiridos na implantação e ao longo dos anos no sistema de produção. <sup>2</sup> Custo de oportunidade do investimento aplicado na poupança.

Com custo total de R\$ 2.790,0, incluindo bomba elétrica, placas fotovoltaicas, bateria, instalações elétricas, tubos, conexões e microaspersões. No mesmo ano o sistema de gotejamento foi implantado no subsistema policultivo, com custo de R\$ 1.900,0. Neste mesmo

subsistema no ano seguinte, a irrigação tornou-se mista, com gotejamento no ciclo outono/inverno e aspersão no ciclo primavera/verão, com custo de R\$ 2.300,00.

Dentre os custos de produção variáveis está a força de trabalho e aluguel de máquinas e implementos (Tabela 7). Houve um aumento de 30% das horas de trabalho e dos seus custos do ano agrícola de 2015 para 2016, apesar da diminuição da produção global.

As horas dedicadas à mecanização agrícola aumentaram 26% do ano agrícola de 2015 para 2016, porém o aumento com o custo do aluguel de máquinas foi de 36%. Esta diferença relativa deve-se ao aumento do uso de maquinário pesado (trator e implementos) com maior custo em relação ao maquinário leve (tobata e roçadeira). Em 2015, dentre as atividades, a capina manual representou a maior parcela das horas trabalhadas (23,12 %) e dos custos (16,9%). Seguida pela atividade de colheita e plantio (15,8%). Em 2016, as horas dedicadas à colheita (16,51%) foram levemente superiores às de capina (16,05%).

As atividades ligadas à gestão da biomassa vegetal, tais como o corte/poda da biomassa vegetal, revirar biomassa vegetal e compostagem, uso do trator com triturador, trator com carreta, motosserra e aplicação de cobertura vegetal morta, representaram 23,78% e 28,98% dos custos com força de trabalho em 2015 e 2016, respectivamente. Por um lado, o alto custo deve-se principalmente ao aluguel de máquinas utilizadas no corte e trituração do banco de biomassa vegetal. Por outro, o custo com capina manual diminuiu, pois se estima que 70% da capina manual diminuiu nos canteiros que são cobertos pela cobertura vegetal triturada a partir da força motriz, uma redução potencial de até 15% na atividade capina. Outros ganhos foram proporcionados pela cobertura vegetal como a fertilização do solo. Além destes, ganhos não quantificados até o momento são esperados, como a manutenção da umidade e temperatura do solo (GASPARIM et al., 2005; MENESES et al., 2016), redução das perdas de solo e água (DE ALMEIDA et al., 2016), manutenção da micro e macrobiota do solo (MOÇO et al., 2005), formação de matéria orgânica leve e possivelmente fixação de carbono no sistema (LOSS et al., 2015).

O custo com o aluguel de máquinas ocorre principalmente em dois momentos do ano agrícola, em abril quando o solo do subsistema Policultivo é preparado para o início da produção de hortaliças e em outubro quando este subsistema é novamente preparado para o plantio do milho com adubos verdes. No restante do ano o aluguel de máquinas ocorre para o corte do banco de biomassa vegetal e para o uso de tobata e roçadeira.

Houve distribuição sazonal na força de trabalho, mesmo padrão de sazonalidade da produção e renda bruta (Figura 5 e 6), porém com diferenças não tão discrepantes entre os ciclos de produção. No ciclo de primavera/verão 1/3 da mão de obra diminuiu.

Os insumos externos ao Módulo de cultivo fazem parte dos custos variáveis (Tabela 8), tanto o consumo quanto o custo com estes insumos aumentaram do ano agrícola de 2015 para 2016. O aumento foi de 23% no consumo e 18% no custo total dos insumos. Dentre os insumos adquiridos apenas o custo com mudas manteve-se aproximadamente igual, pois o consumo de bandejas de hortaliças foi menor devido ao ciclo de produção mais curto no policultivo, uma das causas da menor produção.

A aquisição de mudas é o maior custo variável. Este valor foi computado no custo total, mas ele é desprendido, pois as mudas são produzidas na própria Fazendinha Agroecológica Km 47. Houve um grande plantio de frutíferas no ano de 2016, resultando no aumento dos custos com mudas.

**Tabela 7.** Custos da força de trabalho e porcentagem relativa por atividade nos anos agrícolas de 2015 e 2016 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

Atividade força de trabalho e aluguel de maquinas	Custo (R\$ h <sup>-1</sup> )	Ano Agrícola							
		2015				2016			
		Hora	%	Custo(R\$)	% custo	Hora	%	Custo	% custo
Adubação	9,00	159,78	5,69	1.438,02	4,16	225,75	5,61	2.031,75	3,97
Capina manual	9,00	649,43	23,12	5.844,87	16,91	645,60	16,05	5.810,40	11,35
Cobertura vegetal morta	9,00	99,05	3,53	891,45	2,58	158,50	3,94	1.426,50	2,79
Colheita	9,00	445,90	15,87	4.013,10	11,61	664,77	16,53	5.982,93	11,69
Controle Fitossanitario	9,00	10,70	0,38	96,30	0,28	61,80	1,54	556,20	1,09
Corte de biomassa vegetal	9,00	144,80	5,16	1.303,20	3,77	274,00	6,81	2.466,00	4,82
Irrigação	9,00	129,42	4,61	1.164,78	3,37	213,50	5,31	1.921,50	3,75
Manutenção	9,00	72,85	2,59	655,65	1,90	288,00	7,16	2.592,00	5,06
Motosserra	9,00	5,50	0,20	49,50	0,14	31,00	0,77	279,00	0,55
Plantio	9,00	444,27	15,82	3.998,43	11,57	495,00	12,31	4.455,00	8,70
Preparo solo manual	9,00	196,40	6,99	1.767,60	5,12	236,50	5,88	2.128,50	4,16
Produção de composto fermentado	9,00	72,80	2,59	655,20	1,90	114,50	2,85	1.030,50	2,01
Raleio	9,00	66,20	2,36	595,80	1,72	29,00	0,72	261,00	0,51
Revirar biomassa vegetal e compostagem	9,00	37,30	1,33	335,70	0,97	165,70	4,12	1.491,30	2,91
Tratos culturais	9,00	46,90	1,67	422,10	1,22	108,50	2,70	976,50	1,91
<b>Força de trabalho total</b>		<b>2.581,30</b>	<b>91,90</b>	<b>23.231,70</b>	<b>67,23</b>	<b>3.712,12</b>	<b>92,28</b>	<b>33.409,08</b>	<b>65,27</b>
Roçadeira costal	12,00	83,65	2,98	1.003,80	2,90	100,80	2,51	1.209,60	2,36
Tobata	40,00	43,10	1,53	1.724,00	4,99	44,50	1,11	1.780,00	3,48
Trator com carreta	50,00	50,00	1,78	2.500,00	7,23	72,00	1,79	3.600,00	7,03
Trator com encanteirador	120,00	2,60	0,09	312,00	0,90	7,50	0,19	900,00	1,76
Trator com grade pesada	120,00	-	-	-	-	12,00	0,30	1.440,00	2,81
Trator com grade niveladora	120,00	4,00	0,14	480,00	1,39	1,75	0,04	210,00	0,41
Trator com roçadeira	120,00	1,75	0,06	210,00	0,61	1,00	0,02	120,00	0,23
Trator com rotativa	120,00	2,60	0,09	312,00	0,90	3,00	0,07	360,00	0,70
Trator com sulcador	120,00	2,85	0,10	342,00	0,99	1,00	0,02	120,00	0,23
Trator com triturador	120,00	37,00	1,32	4.440,00	12,85	67,00	1,67	8.040,00	15,71
<b>Aluguel de maquina total</b>		<b>227,55</b>	<b>8,10</b>	<b>11.323,80</b>	<b>32,77</b>	<b>310,55</b>	<b>7,72</b>	<b>17.779,60</b>	<b>34,73</b>
<b>Total Geral</b>		<b>2.808,85</b>	<b>100,00</b>	<b>34.555,50</b>	<b>100,00</b>	<b>4.022,67</b>	<b>100,00</b>	<b>51.188,68</b>	<b>100,00</b>

O custo de produção das mudas é feito rigorosamente pela equipe da Fazendinha, sendo em média de R\$ 6,88 por bandeja de hortaliça. Sobre este valor é acrescentado adicional de 35%, simulando a taxa de lucro de produtor de mudas, o que resulta em valor médio de 9 reais por bandeja. O qual não está distante do preço de mudas convencionais da Baixada Fluminense (R\$ 8 por bandeja). O produtor orgânico de mudas mais próximo está localizado em Petrópolis/RJ com o valor de R\$ 18 por bandeja. Pode-se argumentar que o custo de produção orgânico não é superior ao custo de produção convencional, a justificativa para os preços superiores dos produtos orgânicos deve-se, entre outros motivos, ao nicho de mercado existente e alta demanda com baixa oferta.

**Tabela 8.** Consumo e custo dos insumos externos nos anos agrícolas de 2015 e 2016 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

Tipo	Descrição	Ano agrícola			
		2015		2016	
		Consumo kg ou L	Custo R\$	Consumo kg ou L	Custo R\$
Fonte de fertilização	Composto fermentado	2.830,00	3.537,00	3.334,98	4.168,73
	Farelo de Mamona	671,00	899,10	773,00	1.035,82
	Composto vegetal	1.635,00	163,50	1.557,50	155,75
	Sulfato de potássio	14,20	20,34	115,00	188,60
	Fosfato natural	81,20	136,40	20,00	31,60
	Termofosfato	11,40	19,15	100,00	168,00
	Farinha de osso	0,00	0,00	40,00	67,20
	Vermicomposto	23,50	47,00	0,00	0,00
<b>Fonte de fertilização total</b>		<b>5.266,30</b>	<b>4.822,49</b>	<b>5.940,48</b>	<b>5.815,70</b>
Controle fitossanitário	Calda bordaleza	69,00	34,50	188,00	94,00
	Dipel	53,00	6,36	231,00	23,10
	Óleo de neen	0,00	0,00	135,00	33,75
	Agrobio	0,00	0,00	224,00	56,00
<b>Controle fitossanitário total</b>		<b>122,00</b>	<b>40,86</b>	<b>778,00</b>	<b>206,85</b>
Muda <sup>1</sup>	Hortaliça	473,60	4.262,40	397,00	3.573,00
	Frutífera	25,00	125,00	174,00	870,00
<b>Muda total</b>		<b>498,60</b>	<b>4.387,40</b>	<b>571,00</b>	<b>4.443,00</b>
Semente	Hortaliça	50,99	225,50	15,38	184,56
<b>Total geral</b>		<b>5.937,89</b>	<b>9.476,25</b>	<b>7.304,86</b>	<b>10.650,11</b>

<sup>1</sup> Bandeja de hortaliça e unidade de frutífera.

O composto fermentado é o segundo maior custo variável, sendo superado apenas pela aquisição de mudas, e o mais representativo dentre as fontes de fertilização. Este alto valor do composto fermentado deve-se ao elevado custo das matérias primas utilizadas (farelo de trigo e de mamona). Vale considerar que o preço do farelo de trigo é definido internacionalmente e é utilizado para alimentação animal. Resultando em variações abruptas do preço e não disponibilidade ao longo do ano todo. Já o farelo de mamona é um resíduo agroindustrial produzido em algumas regiões brasileiras, não estando disponível para compra ou sendo relativamente caro em outras regiões. Estas considerações destacam novamente a necessidade por alternativas a matérias primas utilizadas no composto fermentado.

Houve um aumento na diversidade e no consumo de caldas para controle fitossanitário no ano de 2016, na ordem de 400%, ano em que foi dada especial atenção ao manejo fitossanitário das áreas de produção. Esta atenção representou o aumento no consumo de



caldas, mas garantiu uma maior produção e produtividade para hortaliças sensíveis à pragas e doenças, como o tomate perinha, pepino e quiabo (Tabela 9).

Devido ao aumento do consumo de insumos externos e força de trabalho, o custo variável total aumentou, em torno de 41%, de 2015 para 2016 (Tabela 9). Em 2015 a força de trabalho representou 77,8% dos custos variáveis globais e em 2016 aumentou para 81,6%, em compensação a porcentagem relativa dos custos com fertilização, mudas e sementes diminuíram de um ano para outro.

**Tabela 9.** Custos variáveis e porcentagem relativa por atividade nos anos agrícolas de 2015 e 2016 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

Variáveis	Ano agrícola			
	2015		2016	
	Custo (R\$)	%	Custo (R\$)	%
Força de trabalho	23.231,70	52,31	33.409,08	53,23
Aluguel maquina	11.323,80	25,50	17.779,60	28,33
Fertilização	4.822,49	10,86	5.815,70	9,27
Controle fitossanitário	40,86	0,09	206,85	0,33
Mudas	4.387,40	9,88	4.943,00	7,88
Sementes	225,50	0,51	184,56	0,29
Energia Elétrica	384,00	0,86	424,00	0,68
<b>Total</b>	<b>44.415,75</b>	<b>100,00</b>	<b>62.762,79</b>	<b>100,00</b>

Dentre os três canais de comercialização avaliados, o custo de comercialização no mercado orgânico foi consideravelmente superior aos mercados institucional e convencional (Tabela 10). O custo mais representativo dentro da comercialização orgânica é o frete para as feiras na zona sul do município do Rio de Janeiro/RJ. Além disso, somado ao custo com o frete estão os custos com vendedores e de participação nas feiras orgânicas, resultando em um custo de comercialização orgânico 148% e 69% superior ao canal institucional e convencional, respectivamente. Este elevado custo de comercialização do mercado orgânico foi superior ao custo com a força de trabalho em 2015.

**Tabela 10.** Custos de comercialização no canal de comercialização orgânico (Circuito carioca de feiras orgânicas), institucional (PNAE) e convencional (CEASA/RJ) nos anos agrícolas 2015 e 2016.

Natureza despesa	Valor	Orgânico <sup>1</sup>	Institucional	Convencional
	R\$ semana <sup>-1</sup>		R\$ ano <sup>-1</sup>	
Mensalidade associação	5,00	240,00	240,00	-
Participação na feira	23,00	1.196,00	-	-
Diária vendedor	80,00	4.160,00	-	-
Frete <sup>2</sup>		20.800,00	10.400,00	15.600,00
<b>TOTAL</b>		<b>26.396,00</b>	<b>10.640,00</b>	<b>15.600,00</b>

<sup>1</sup> Orgânico – Canal de comercialização orgânico (Circuito carioca de feiras orgânicas); Institucional. – canal de comercialização institucional; Convencional – canal de comercialização convencional (CEASA/RJ). <sup>2</sup> Entregas no canal: Orgânico – feiras na zona sul do Rio de Janeiro/RJ; Institucional – escolas e creches do município de Seropédica/RJ; Convencional – Ceasa/Rio de Janeiro/RJ.

Na concepção metodológica deste experimento de longa duração, as feiras orgânicas mais próximas localizavam-se na zona sul do Rio de Janeiro, pertencentes ao circuito carioca de feiras orgânicas. Por isto a simulação da comercialização orgânica sempre foi feita nestas feiras, mesmo com o alto custo do frete e os altos preços praticados. Em setembro de 2016,

uma iniciativa da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro criou a primeira feira da agricultura familiar dentro da universidade, reunindo agricultores familiares orgânicos e convencionais locais (SANTOS et al., 2017). Esta feira abre um precedente histórico aproximando agricultores e consumidores, diminuindo os custos de comercialização destes agricultores e praticando preços mais baixos e acessíveis à população em comparação com os preços praticados no circuito carioca de feiras orgânicas (OLIVEIRA, 2017). Recomenda-se que nos próximos anos de acompanhamento da viabilidade econômica deste experimento seja simulada a comercialização nesta feira orgânica.

### 3.5.2.3 Índices financeiros

Para os cálculos dos índices financeiros, o custo fixo e variável foram calculados de forma semelhante para ambas as formas de comercialização, apenas o custo com a comercialização foi alterado. Importante destacar que nestas simulações toda a produção colhida foi comercializada, na prática existe perdas no processamento dos alimentos na propriedade (manipulação, lavagem e embalagem), no transporte e na comercialização. Estima-se que as perdas sejam de 30 a 45 % no Brasil (HPLE, 2014; RUIZ-TORRES; MAHMOODI; AYALA-CRUZ, 2012), no transporte as perdas de hortaliças é em média de 10%, chegando a 30% na época de chuvas (CAIXETA FILHO, 1999) e no mercado varejista estudos mostram perdas médias de 10 a 20 % (HENZ, 2017).

No que se refere à relação benefício/custo (Tabela 11), valores iguais ou maiores que 1 indicam situações economicamente viáveis. No ano de 2015 todas as simulações de comercialização foram viáveis. O custo total de 2016 foi superior ao de 2015, refletindo na diminuição da relação benefício/custo em todas as formas de comercialização.

**Tabela 11.** Índices financeiros em distintos canais de comercialização nos anos agrícolas de 2015 e 2016 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

Parâmetros econômicos	Ano Agrícola					
	2015			2016		
	Orgânico <sup>1</sup>	Instituc.	Convenc.	Orgânico	Instituc.	Convenc.
Custo fixo	4.654,09	4.654,09	4.654,09	4.654,09	4.654,09	4.654,09
Custo variável	44.415,75	44.415,75	44.415,75	62.762,79	62.762,79	62.762,79
Comercialização	27.900,00	11.000,00	15.600,00	27.900,00	11.000,00	15.600,00
<b>Custo total</b>	<b>76.969,84</b>	<b>60.069,84</b>	<b>64.669,84</b>	<b>95.316,88</b>	<b>78.416,88</b>	<b>83.016,88</b>
Renda bruta	155.113,25	129.649,50	85.154,60	144.599,14	115.324,90	79.270,48
Renda líquida	78.143,41	69.579,66	20.484,75	49.282,26	36.908,02	-3.746,40
Renda líquida mensal	6.511,95	5.798,30	1.707,06	4.106,86	3.075,67	-312,20
<b>Relação benefício/custo</b>	<b>2,02</b>	<b>2,16</b>	<b>1,32</b>	<b>1,52</b>	<b>1,47</b>	<b>0,95</b>

<sup>1</sup> Orgânico – Canal de comercialização orgânico (Circuito carioca de feiras orgânicas); Instituc. – canal de comercialização institucional; Convenc. – canal de comercialização convencional (CEASA/RJ).

Em 2015 a comercialização no canal institucional teve a maior relação B/C, devido ao baixo custo de comercialização. Importante considerar que, a venda para mercados institucionais limita-se a uma quantia fixa por ano (R\$ 20 mil) por agricultor registrado e membro de uma associação (DAP - Declaração de Aptidão ao Pronaf). Este montante atenderia em torno de 20% do total colhido no Módulo de cultivo, ainda assim é uma importante alternativa para a diversificação dos canais de comercialização, sendo uma alternativa viável para agricultores familiares (GONÇALVES, 2014). A diversificação dos canais de comercialização de agricultores familiares e a viabilidade dos mercados institucionais são importantes, pois, aumenta a resiliência dos agricultores, distribui os

alimentos e atinge majoritariamente a população de classe mais baixa. Estes benefícios foram observados em diferentes municípios brasileiros (BIANCARDI et al., 2017; HERRERO et al., 2014; TUGOZ; BERTOLINI, 2016).

Em 2016, a comercialização no mercado convencional não foi viável, situação que se repetiu no ano de 2017 (SILVA, 2018). Porém o valor do prejuízo foi baixo, apenas 312,20 reais, se um pequeno ajuste for realizado a venda para mercados convencionais pode pagar os custos de produção. O que define a rentabilidade é o preço praticado em cada canal de comercialização e o custo de produção. Com isto ou se reduz o custo, o que é possível mesmo na agricultura orgânica, ou aumenta-se o valor do produto para melhor remuneração aos agricultores familiares e/ou orgânicos, que dependem de uma remuneração justa para manterem-se na atividade. Estas condições são proporcionadas pelos circuitos curtos de comercialização. Estudos apontam que a produção orgânica de hortaliças é rentável economicamente quando um preço superior (prêmio) é praticado, mesmo quando a produtividade é inferior à produção convencional, tanto no Brasil (DAROLT et al., 2003; LUZ; SHINZATO; DA SILVA, 2007) como em outros países (BRUMFIELD; RIMAL; REINERS, 2000; KLONSKY, 2012; NIEBERG; OFFERMANN, 2000).

Deve-se considerar que outros benefícios não foram incluídos, como diminuição dos custos com a própria alimentação e com a saúde, melhorada a partir da produção e alimentação de produtos orgânicos.

Nesta primeira simulação, o pagamento da mão de obra assalariada considera o salário mínimo para trabalhador rural, encargos sociais, previdência, 13º e férias. Porém, em propriedades familiares a remuneração da mão de obra tende a não ocorrer desta forma. Em geral, os membros da família são remunerados quando a produção é vendida, esta remuneração é deslocada para o momento de aquisição de insumos ou manutenção de bens ou alguma intempérie. Assim, o agricultor familiar não tem a real clareza de sua remuneração, ocorrendo falsa impressão de que está lucrando, quando na verdade está apenas cobrindo seu custo real. Isto significa que na simulação, o agricultor é minimamente remunerado. Se excluir a remuneração com a força de trabalho e custos de oportunidade e depreciação de bens, simulação 2, a relação benefício/custo aumenta em todos os sistemas de comercialização (Tabela 12).

**Tabela 12.** Índices financeiros desconsiderando custos com mão de obra, depreciação e oportunidade em distintos canais de comercialização nos anos agrícolas de 2015 e 2016 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

Parâmetros econômicos	Ano Agrícola					
	2015			2016		
	Orgânico <sup>1</sup>	Instituc.	Convenc.	Orgânico	Instituc.	Convenc.
Custo fixo	1.440,00	1.440,00	1.440,00	1.440,00	1.440,00	1.440,00
Custo variável	21.184,05	21.184,05	21.184,05	29.353,71	29.353,71	29.353,71
Comercialização	27.900,00	11.000,00	15.600,00	27.900,00	11.000,00	15.600,00
<b>Custo total</b>	<b>50.524,05</b>	<b>33.624,05</b>	<b>38.224,05</b>	<b>58.693,71</b>	<b>41.793,71</b>	<b>46.393,71</b>
Renda bruta	<b>155.113,20</b>	<b>129.649,50</b>	<b>85.154,50</b>	<b>144.599,10</b>	<b>115.324,90</b>	<b>79.270,40</b>
Renda líquida	104.589,15	96.025,45	46.930,45	85.905,40	73.531,20	32.876,70
Renda líquida mensal	8.715,76	8.002,12	3.910,87	7.158,78	6.127,60	2.739,72
<b>Relação benefício/custo</b>	<b>3,07</b>	<b>3,86</b>	<b>2,23</b>	<b>2,46</b>	<b>2,76</b>	<b>1,71</b>

<sup>1</sup> Orgânico – Canal de comercialização orgânico (Circuito carioca de feiras orgânicas); Instituc. – canal de comercialização institucional; Convenc. – canal de comercialização convencional (CEASA/RJ).

Nesta segunda simulação todas as formas de comercialização obtiveram relação benefício/custo superior a 1, incluindo a comercialização no mercado convencional. Este

cenário não é distante da realidade dos pequenos agricultores familiares que produzem em pequena escala, em especial os dedicados à horticultura. Os resultados demonstram algo que se sabe na prática, que a venda para grandes mercados, como CEASA, gera um endividamento ou uma situação de subsistência do agricultor familiar, que não se remunera devidamente. Apenas grandes produtores, que em geral trabalham em escala, com monoculturas e/ou sub-remuneram os trabalhadores rurais conseguem sobreviver vendendo para grandes mercados convencionais.

A agricultura orgânica, baseada nos princípios da agroecologia, busca remunerar dignamente os envolvidos na produção agropecuária (familiares ou não), oferecendo condições dignas, em busca da melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores do campo (TIMMERMANN; FÉLIX, 2015). Ainda que estes princípios não sejam praticados por todas as propriedades orgânicas e agroecológicas, servem como referência, sem desconsiderar que as condições de trabalho são fundamentais para garantir uma agricultura sustentável (DUMONT; BARET, 2017).

Os resultados de viabilidade financeira demonstram claramente a eficiência do modelo proposto e executado no Módulo de cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças. Demonstrando a possibilidade de uma área de 1 ha de produção de hortaliças orgânicas atrelada à produção de biomassa vegetal, sem o uso de fontes animais para fertilização, trazer rentabilidade financeiramente a uma família, com lucros líquidos significativos. Mesmo se vendida sem sobrepreço no mercado convencional, neste caso com menor remuneração do agricultor

### **3.5.3 Balanço parcial de nutrientes**

O cálculo do balanço de nutrientes inicia-se com a análise elementar das culturas (Tabela 13), destaca-se a alta concentração de potássio nas hortaliças folhosas e temperos. Com estes resultados e a produção das culturas calculou-se a exportação global por elemento N, P, K, Ca e Mg (Tabela 14). O potássio foi o nutriente mais exportado em 2015 (48,71 kg) e 2016 (50,93 kg), seguido pela exportação de nitrogênio de 38,30 kg em 2015 e 38,61kg em 2016. Esta grande exportação de potássio e nitrogênio é explicada pelo grande volume de produção de folhosas e temperos, também observada nos anos de 2011 a 2014 no Módulo (MATA, 2016). Sabe-se que as hortaliças exigem e extraem uma grande quantidade de K do solo (ZÖRB; SENBAYRAM; PEITER, 2014) e, normalmente, fertilizantes orgânicos têm baixa concentração deste nutriente. Isso destaca a importância do desenvolvimento de estratégias de fertilização e fertilizantes orgânicos com alta concentração de potássio.

As fontes de fertilização externas ao sistema e as fontes de cobertura vegetal morta interna ao sistema, são consideradas as entradas de nutrientes. Estas fontes de cobertura morta são geradas a partir do manejo do banco de biomassa vegetal existente e adubos verdes cultivados ao longo da rotação de cultura e incorporados nas áreas de cultivo. Estas fontes internas (produzidas no próprio sistema) podem ser definidas como uma reciclagem ou ciclagem interna de nutrientes dentro do agroecossistema.

A quantidade utilizada das fontes de fertilização em todo o Módulo de cultivo aumentou em torno de 10% do ano agrícola de 2015 para 2016 (Tabela 15). Em contrapartida, o uso das fontes de cobertura vegetal morta diminuiu aproximadamente 12%. O composto fermentado foi o fertilizante externo mais utilizado nos dois anos agrícolas avaliados, indicando a certa dependência do Módulo de cultivo por esta fonte de fertilização.

**Tabela 13.** Umidade e análise elementar das culturas produzidas nos anos agrícolas de 2015 e 2016 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

Cultura	Umidade	N	P	K	Ca	Mg
	%	g kg <sup>-1</sup>				
Abóbora	85,39	29,50	5,80	47,48	4,43	2,38
Alface americana	96,48	26,90	6,04	40,70	7,63	2,86
Alface crespa	95,56	40,50	7,17	77,30	10,68	3,80
Alface romana	96,48	32,50	6,20	55,91	8,69	3,06
Alface vermelha	95,67	32,30	6,64	84,00	11,13	3,80
Alface lisa	95,70	35,10	5,90	65,90	17,55	6,89
Banana	55,00	19,70	2,50	66,00	2,10	3,20
Batata-doce	74,71	23,00	5,33	36,40	9,70	7,01
Bertalha	92,99	21,40	2,84	10,05	15,24	3,15
Beterraba	89,34	27,20	4,86	41,50	1,94	3,02
Brócolis	92,30	44,00	6,29	28,25	19,21	3,90
Cana-de-açúcar	56,00	0,83	0,11	0,78	0,40	0,31
Cebola	89,00	30,00	4,40	40,00	15,00	4,00
Cebolinha	89,18	23,20	2,76	24,95	8,28	3,10
Cenoura	89,28	17,80	5,95	16,92	32,78	5,60
Chicória	94,61	21,50	4,73	52,70	9,61	3,53
Coentro	90,75	22,80	3,98	53,45	11,32	3,62
Couve	91,05	42,90	6,34	36,98	31,46	8,63
Laranja	45,90	11,40	1,87	11,32	3,20	0,92
Maracujá	75,00	28,03	4,03	35,59	3,12	3,18
Maxixe	93,20	37,00	10,79	61,30	5,86	5,45
Milho grão	28,55	14,00	3,86	7,72	0,26	1,53
Mostarda	90,88	21,00	5,84	36,36	6,82	1,56
Pepino	97,04	16,00	9,31	48,42	3,43	3,57
Quiabo	90,80	21,40	3,29	11,55	33,28	8,87
Rabanete	94,20	31,40	5,70	35,15	21,39	5,21
Rúcula	91,19	36,10	6,86	29,10	28,77	7,14
Salsa	86,65	30,30	3,63	52,80	14,88	3,90
Taioba	89,80	29,00	5,28	29,10	14,10	3,78
Tomate perinha	93,18	31,80	5,16	48,75	1,81	1,69
Vagem	92,40	24,10	4,28	21,85	6,58	2,94

O uso intensivo do composto fermentado foi uma escolha metodológica na implantação do experimento. Ao longo dos anos, seu uso foi priorizado em relação a outras fontes de fertilização. Um exemplo disto é a fertilização nos canteiros de hortaliças do subsistema policultivo, dos anos 2011 a 2014, a adubação de base era realizada com composto fermentado (dose de 100 kg N ha<sup>-1</sup>) e complementada com farelo de mamona em cobertura (100 kg N ha<sup>-1</sup>). A partir de 2015, a adubação foi feita apenas com composto fermentado (200 kg ha<sup>-1</sup>) na base. Estas observações destacam a necessidade de buscar alternativas para o composto fermentado e para as matérias primas que o constituem.

O farelo de mamona e o composto fermentado destacam-se pela maior concentração elementar de nitrogênio. Considerando que o composto fermentado contém 40% de farelo de mamona em sua composição, conclui-se que o farelo de mamona representa a maior entrada externa de nitrogênio no agroecossistema.

**Tabela 14.** Exportação de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio pelas culturas nos anos agrícolas de 2015 e 2016 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

Cultura	Ano agrícola													
	2015						2016							
	Peso fresco kg.ano <sup>-1</sup>	Peso seco kg.ano <sup>-1</sup>	N	P kg	K	Ca	Mg	Peso fresco kg.ano <sup>-1</sup>	Peso seco kg.ano <sup>-1</sup>	N	P kg	K	Ca	Mg
Abóbora	124,12	18,13	0,53	0,11	0,86	0,08	0,04	56,10	8,20	0,24	0,05	0,39	0,04	0,02
Alface americana	1.664,11	58,58	1,58	0,35	2,38	0,45	0,17	1.527,30	53,76	1,45	0,32	2,19	0,41	0,15
Alface crespa	2.417,04	107,32	4,35	0,77	8,30	1,15	0,41	2.118,70	94,07	3,81	0,67	7,27	1,00	0,36
Alface romana	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	237,90	8,37	0,27	0,05	0,47	0,07	0,03
Alface vermelha	520,62	22,54	0,73	0,15	1,89	0,25	0,09	624,80	27,05	0,87	0,18	2,27	0,30	0,10
Alface lisa	2.360,92	101,52	3,56	0,60	6,69	1,78	0,70	1.511,56	65,00	2,28	0,38	4,28	1,14	0,45
Batata-doce	250,88	63,45	1,46	0,34	2,31	0,62	0,44	402,40	101,77	2,34	0,54	3,70	0,99	0,71
Bertalha	840,04	58,89	1,26	0,17	0,59	0,90	0,19	444,60	31,17	0,67	0,09	0,31	0,47	0,10
Beterraba	60,65	6,47	0,18	0,03	0,27	0,01	0,02	59,50	6,34	0,17	0,03	0,26	0,01	0,02
Brócolis	251,81	19,39	0,85	0,12	0,55	0,37	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cana-de-açúcar	636,00	279,84	0,23	0,03	0,22	0,11	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cebola	60,00	6,60	0,20	0,03	0,26	0,10	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cebolinha	737,40	79,79	1,85	0,22	1,99	0,66	0,25	455,02	49,23	1,14	0,14	1,23	0,41	0,15
Cenoura	618,40	66,29	1,18	0,39	1,12	2,17	0,37	644,00	69,04	1,23	0,41	1,17	2,26	0,39
Chicória	2.430,96	131,03	2,82	0,62	6,91	1,26	0,46	2.785,11	150,12	3,23	0,71	7,91	1,44	0,53
Coentro	154,56	14,30	0,33	0,06	0,76	0,16	0,05	264,40	24,46	0,56	0,10	1,31	0,28	0,09
Couve	372,59	33,35	1,43	0,21	1,23	1,05	0,29	329,07	29,45	1,26	0,19	1,09	0,93	0,25
Laranja	317,20	171,61	1,96	0,32	1,94	0,55	0,16	332,60	179,94	2,05	0,34	2,04	0,58	0,17
Maracujá	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	519,20	129,80	3,64	0,52	4,62	0,40	0,41
Milho grãos	472,00	337,24	4,72	1,30	2,60	0,09	0,52	337,80	241,36	3,38	0,93	1,86	0,06	0,37
Mostarda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	112,50	10,26	0,22	0,06	0,37	0,07	0,02
Pepino	77,28	2,29	0,04	0,02	0,11	0,01	0,01	430,14	12,73	0,20	0,12	0,62	0,04	0,05
Quiabo	41,25	3,80	0,08	0,01	0,04	0,13	0,03	135,35	12,45	0,27	0,04	0,14	0,41	0,11
Rabanete	549,96	31,90	1,00	0,18	1,12	0,68	0,17	432,30	25,07	0,79	0,14	0,88	0,54	0,13
Rúcula	231,98	20,44	0,74	0,14	0,59	0,59	0,15	548,60	48,33	1,74	0,33	1,41	1,39	0,35
Salsa	324,02	43,26	1,31	0,16	2,28	0,64	0,17	300,45	40,11	1,22	0,15	2,12	0,60	0,16
Taioba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	78,16	7,97	0,23	0,04	0,23	0,11	0,03
Tomate perinha	113,43	7,74	0,25	0,04	0,38	0,01	0,01	352,93	24,07	0,77	0,12	1,17	0,04	0,04
Vagem	374,88	28,49	0,69	0,12	0,62	0,19	0,08	329,40	25,03	0,60	0,11	0,55	0,16	0,07
<b>Total</b>	<b>16.050,10</b>	<b>1.717,48</b>	<b>33,43</b>	<b>6,53</b>	<b>46,24</b>	<b>14,02</b>	<b>4,97</b>	<b>15.379,89</b>	<b>1.479,66</b>	<b>34,72</b>	<b>6,78</b>	<b>50,17</b>	<b>14,18</b>	<b>5,26</b>

Outras fontes de fertilização foram também priorizadas, ao longo do ano de 2015 foram feitas 4 pilhas de compostagem vegetal, com produção média de 420 kg de material fresco no fim de cada processo. Nos anos anteriores, em média, apenas 250 kg de composto foram utilizados (MATA, 2016). A compostagem é colocada como fonte de fertilização externa pela utilização do farelo de mamona em seu preparo.

**Tabela 15.** Entradas e análise elementar das fontes de fertilização e coberturas vegetais mortas utilizadas nos anos agrícolas de 2015 e 2016 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

Fonte de fertilização e cobertura vegetal morta	Ano agrícola		Análise elementar					
	2015	2016	Umidade	N	P	K	Ca	Mg
	Peso fresco (kg ano <sup>-1</sup> )		%	g kg <sup>-1</sup>				
Composto fermentado	2.830,0	3.335,0	26,1	34,6	9,3	11,6	2,9	4,1
Composto vegetal	1.635,0	1.557,5	48,2	21,1	2,9	13,1	9,9	4,9
Farinha de Osso	0,0	40,0	8,0	15,0	69,9	0,0	160,0	0,0
Fosfato reativa de rocha	81,2	20,0	7,0	7,0	0,0	15,3	3,6	0,0
Vermicomposto	23,5	0,0	18,5	19,8	5,1	14,0	11,4	8,3
Sulfato de potássio	14,2	115,0	4,0	0,0	0,0	415,3	0,0	0,0
Termofosfato	91,4	100,0	5,0	0,0	78,6	0,0	20,0	9,0
Farelo de mamona	671,0	773,0	8,2	53,3	7,5	11,0	8,5	4,5
<b>Total</b>	<b>5.346,3</b>	<b>5.940,5</b>						
Aubos verdes	1.022,0	958,0	52,0	27,1	2,5	13,1	11,2	2,8
Gliricídia	124,0	325,3	32,0	26,8	2,6	18,1	13,1	5,3
Capim elefante	1.342,0	1.050,0	31,6	7,7	1,6	8,7	3,1	2,5
Capim elefante + gliricídia	1.416,0	1.264,0	31,8	17,2	2,1	13,4	8,1	3,9
Vetiver	210,0	0,0	23,0	7,0	0,8	14,3	2,6	2,0
<b>Total</b>	<b>4.114,0</b>	<b>3.597,3</b>						
<b>Total geral</b>	<b>9.460,3</b>	<b>9.537,7</b>						

O sulfato de potássio possui alta concentração de potássio. O uso de sulfato de potássio é restrito na agricultura orgânica para os primeiros 3 anos de transição do sistema (Instrução normativa nº46/2011). No Módulo de cultivo esta fonte de fertilização foi utilizada no subsistema capim elefante e no plantio das mudas de banana, culturas com alta exportação de K. A preocupação por possíveis desequilíbrios nutricionais nas plantas e nos solos destaca a necessidade de alternativas por fontes de potássio em sistemas orgânicos de produção, como o resíduo de cervejaria, pós de rocha fosfática, bagaço de cana, casca de café, cascas de frutíferas, restos vegetais de frutíferas (banana) e etc.

O balanço parcial de nutrientes foi calculado para toda a área do Módulo de cultivo (Tabela 16). Nos subsistemas destinados à produção de hortaliças, houve grande exportação de nutrientes via colheita (Tabela 14) e entrada de nutrientes via fontes de fertilização externas e internas (Tabela 15). Em contraponto, nos subsistemas destinados à produção de biomassa houve grande exportação via podas/cortes para produção de cobertura vegetal morta e pequena entrada de nutrientes via fontes externas.

Nos dois anos agrícolas o balanço aparente global foi positivo para todos os nutrientes. Observa-se uma elevação destes valores positivos em 2016, sendo 15%, 21%, 88,5%, 46,4% e 12% superiores que os valores observados em 2015 para N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. Isto se deve à maior entrada de nutrientes associada à menor exportação via colheita. A diferença pronunciada para o K deve-se ao maior uso de sulfato de potássio em 2016.

**Tabela 16.** Balanço aparente de nutrientes global do Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças nos anos agrícolas 2015 e 2016.

Fonte de fertilização e cobertura vegetal morta	Ano agrícola											
	2015						2016					
	Peso	N	P	K	Ca	Mg	Peso	N	P	K	Ca	Mg
kg												
Composto fermentado	2.830,0	72,3	19,4	24,1	6,1	8,5	3.335,0	85,2	22,9	28,5	7,2	10,0
Composto vegetal	1.635,0	17,8	2,5	11,1	8,4	4,2	1.557,5	17,0	2,4	10,5	8,0	4,0
Farinha de Osso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	0,6	2,6	0,0	5,9	0,0
Fosfato reativa de rocha	81,2	0,5	0,0	1,2	0,3	0,0	20,0	0,1	0,0	0,3	0,1	0,0
Vermicomposto	23,5	0,4	0,1	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sulfato de potássio	14,2	0,0	0,0	5,7	0,0	0,0	115,0	0,0	0,0	45,8	0,0	0,0
Termofosfato	91,4	0,0	6,8	0,0	1,7	0,8	100,0	0,0	7,5	0,0	1,9	0,9
Farelo de mamona	671,0	32,8	4,6	6,8	5,2	2,8	773,0	37,8	5,3	7,8	6,0	3,2
<b>Fonte de fertilização total</b>	<b>5.346,3</b>	<b>123,9</b>	<b>33,4</b>	<b>49,1</b>	<b>22,0</b>	<b>16,4</b>	<b>5.940,5</b>	<b>140,7</b>	<b>40,6</b>	<b>92,9</b>	<b>29,1</b>	<b>18,1</b>
Aubos verdes	1.022,0	18,6	1,8	12,6	9,1	3,7	958,0	17,4	1,7	11,8	8,5	3,4
Gliricídia	124,0	2,3	0,2	1,5	1,1	0,4	325,3	5,9	0,6	4,0	2,9	1,2
Capim elefante	1.342,0	7,0	1,5	8,0	2,8	2,3	1.050,0	5,5	1,1	6,3	2,2	1,8
Capim elefante + gliricídia	1.416,0	16,6	2,0	13,0	7,8	3,7	1.264,0	14,8	1,8	11,6	7,0	3,3
Vetiver	210,0	1,1	0,1	2,3	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Cobertura vegetal morta total</b>	<b>3.092,0</b>	<b>27,0</b>	<b>3,8</b>	<b>24,8</b>	<b>12,1</b>	<b>6,8</b>	<b>2.639,3</b>	<b>26,2</b>	<b>3,5</b>	<b>21,9</b>	<b>12,1</b>	<b>6,3</b>
<b>Fonte de fertilização + cobertura vegetal morta</b>												
<b>Total</b>	<b>8.438,3</b>	<b>150,9</b>	<b>37,2</b>	<b>73,9</b>	<b>34,1</b>	<b>23,2</b>	<b>8.579,7</b>	<b>167,0</b>	<b>44,1</b>	<b>114,8</b>	<b>41,2</b>	<b>24,3</b>
Exportação hortaliças e frutas Total <sup>2</sup>	16.050,1	33,4	6,5	46,2	14,0	5,0	15.379,9	34,7	6,8	50,2	14,2	5,3
Exportação biomassa vegetal Total	3.302,0	25,9	3,7	22,5	11,7	6,5	3.305,3	24,5	3,2	19,9	11,4	5,7
<b>Exportação Total (alimento)</b>	<b>19.352,1</b>	<b>59,3</b>	<b>10,3</b>	<b>68,8</b>	<b>25,8</b>	<b>11,4</b>	<b>18.685,1</b>	<b>59,2</b>	<b>10,0</b>	<b>70,0</b>	<b>25,5</b>	<b>11,0</b>
<b>Balanço parcial de nutrientes</b>	<b>-10.913,8</b>	<b>91,6</b>	<b>27,0</b>	<b>5,1</b>	<b>8,4</b>	<b>11,7</b>	<b>-10.105,4</b>	<b>107,7</b>	<b>34,1</b>	<b>44,8</b>	<b>15,6</b>	<b>13,4</b>

<sup>1</sup> Exportação via colheita das hortaliças e frutas (Tabela 5); <sup>2</sup> Exportação via corte da biomassa vegetal (Tabela 5); <sup>3</sup> Balanço parcial de nutrientes = saídas exportação de hortaliças, frutas e biomassa vegetal – entradas via fonte fertilização e cobertura vegetal morta;



A queda no uso das fontes de cobertura morta pela dificuldade com força de trabalho durante todo o ano agrícola, a cobertura de canteiros de hortaliças não ocorreu em detrimento de outras atividades consideradas prioritárias para a manutenção do sistema de produção. O balanço aparente global permite realizar inferências sobre a evolução ao longo dos anos do sistema de produção. Destaca-se que nos anos anteriores o balanço aparente global negativo apenas para K, na grandeza de -75 kg acumulados em 4 anos agrícolas (MATA, 2016). Porém, inferências aprofundadas em relação aos subsistemas e diferentes manejos adotados não podem ser feitas. Por isto, outros dois balanços aparentes foram feitos, o primeiro da produção de hortaliças e frutas (Tabela 17) e o segundo da produção de biomassa vegetal (Tabela 18).

No balanço aparente da produção de hortaliças e frutas, a fim de destacar a importância das distintas formas de fertilização, o balanço foi simulado em dois cenários. No primeiro cenário, foi considerado como entradas de nutrientes apenas as fontes de fertilização (composto fermentado, farelo de mamona, fosfatos e etc.). Que resultou em um balanço aparente negativo para potássio, resultado semelhante aos anos anteriores (MATA, 2012, 2016). No segundo cenário, foram consideradas como entradas as fontes de fertilização e a cobertura vegetal morta, resultando em um balanço positivo para todos os nutrientes.

Em outros experimentos na Fazendinha Agroecológica Km 47, o balanço negativo de K foi encontrado para as culturas de abóbora, beterraba, cebolinha, cenoura, chicória, rabanete, repolho, rúcula, salsa, tomate e vagem, sob manejo orgânico, destacando a alta exportação deste nutriente por hortaliças e a necessidade de adubações mais equilibradas em sistemas orgânicos (OLIVEIRA, 2001; OLIVEIRA et al., 2005; SALGADO et al., 2006, 1998). Grande número de trabalhos evidencia o balanço negativo de K no sistema solo-planta, principalmente em sistemas de produção de hortaliças (extratoras de K) (ANDRIST-RANGEL et al., 2007; NOWAK et al., 2013; ØGAARD; HANSEN, 2010). Em contrapartida estudos mostram que o uso de compostagem, em sistemas orgânicos, consegue garantir balanços positivos de P e K (BAR-YOSEF et al., 2015; NGUYEN; HAYNES; GOH, 1995). Respostas positivas também foram obtidas com a aplicação de fontes externas de K (BAR-YOSEF et al., 2015).

Nos resultados aqui apresentados, a solução para o balanço negativo de K na produção de hortaliças e frutas veio a partir do uso intensivo de cobertura vegetal morta, importante para manutenção da fertilidade do solo, na nutrição adequada das plantas e da estabilidade do sistema. Destacando a importância do banco de biomassa, um dos pontos-chaves e que diferenciam o modelo aqui apresentado de outros modelos de produção orgânica já existente. Por esta importância da cobertura vegetal morta, foi avaliada detalhadamente a área de produção de biomassa vegetal (Tabela 18). Pelos mapas de variabilidade espacial do solo dos anos anteriores (MATA, 2016), sabe-se que o solo é mais arenoso na área de produção de biomassa e a concentração de matéria orgânica e de nutrientes é menor nestes subsistemas em relação aos subsistemas de produção de hortaliças. Além disso, o aporte via fontes de fertilização é menor e não há aporte de cobertura vegetal morta, culminando com a exportação da própria biomassa produzida.

O resultado destas condições é um balanço aparente de nutrientes na produção de biomassa vegetal negativo para o nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio no ano agrícola 2015 e para nitrogênio, cálcio e magnésio em 2016. O déficit de nitrogênio acentuou-se de 2015 para 2016, devido à diminuição do uso de farelo de mamona para fertilização. Vale considerar que o balanço aparente de nitrogênio é limitado, pois desconsidera o aporte de nitrogênio via fixação biológica de nitrogênio (FBN) pela gliricídia, que pode fornecer 56,4 e 80,3 kg ha<sup>-1</sup> por ano de N, com 45 e 64 kg derivados da FBN (PAULINO et al., 2010). Além disso, desconsidera perdas de nitrogênio via lixiviação, volatilização e metabolismo das plantas.

**Tabela 17.** Entrada via fontes de fertilização e cobertura vegetal morta,saídas e balanço aparente de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na produção de hortaliças e frutas nos anos agrícolas de 2015 e 2016 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

Fonte de fertilização e cobertura vegetal morta	Ano agrícola											
	2015						2016					
	Peso fresco	N	P	K	Ca	Mg	Peso fresco	N	P	K	Ca	Mg
kg ano <sup>-1</sup>												
Composto fermentado	2.830,0	72,3	19,4	24,1	6,1	8,5	3.335,0	85,2	22,9	28,5	7,2	10,0
Composto vegetal	1.635,0	17,8	2,5	11,1	8,4	4,2	1.557,5	17,0	2,4	10,5	8,0	4,0
Farinha de Osso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	0,6	2,6	0,0	5,9	0,0
Fosfato reativa de rocha	81,2	0,5	0,0	1,2	0,3	0,0	20,0	0,1	0,0	0,3	0,1	0,0
Vermicomposto	23,5	0,4	0,1	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sulfato de potássio	4,2	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0
Termofosfato	11,4	0,0	0,9	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Farelo de mamona	331,0	16,2	2,3	3,3	2,6	1,4	673,0	32,9	4,6	6,8	5,2	2,8
<b>Fonte de fertilização total</b>	<b>4.916,3</b>	<b>107,2</b>	<b>25,1</b>	<b>41,7</b>	<b>17,8</b>	<b>14,3</b>	<b>5.640,5</b>	<b>135,8</b>	<b>32,4</b>	<b>52,1</b>	<b>26,4</b>	<b>16,8</b>
Aubos verdes	1.022,0	13,3	1,2	6,4	5,5	1,4	958,0	12,5	1,1	6,0	5,2	1,3
Gliricídia	124,0	2,3	0,2	1,5	1,1	0,4	325,3	5,9	0,6	4,0	2,9	1,2
Capim elefante	1.342,0	7,0	1,5	8,0	2,8	2,3	1.050,0	5,5	1,1	6,3	2,2	1,8
Capim elefante + gliricídia	1.416,0	16,6	2,0	13,0	7,8	3,7	1.264,0	14,8	1,8	11,6	7,0	3,3
Vetiver	210,0	1,1	0,1	2,3	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Cobertura vegetal morta total</b>	<b>4.114,0</b>	<b>40,3</b>	<b>5,1</b>	<b>31,2</b>	<b>17,6</b>	<b>8,1</b>	<b>3.597,3</b>	<b>38,7</b>	<b>4,7</b>	<b>27,9</b>	<b>17,2</b>	<b>7,6</b>
Fonte de fertilização + cobertura vegetal morta Total	9.030,3	147,6	30,2	72,9	35,5	22,5	9.237,7	174,5	37,1	79,9	43,6	24,4
Exportação Total <sup>1</sup>	<b>16.050,1</b>	33,4	6,5	46,2	14,0	5,0	<b>15.379,9</b>	34,7	6,8	50,2	14,2	5,3
<b>Balanço aparente fonte de fertilização<sup>2</sup></b>		<b>73,8</b>	<b>18,6</b>	<b>-4,6</b>	<b>3,8</b>	<b>9,3</b>		<b>101,1</b>	<b>25,6</b>	<b>1,9</b>	<b>12,2</b>	<b>11,5</b>
<b>Balanço aparente fonte de fertilização + cobertura vegetal morta<sup>3</sup></b>		<b>114,1</b>	<b>23,6</b>	<b>26,7</b>	<b>21,4</b>	<b>17,5</b>		<b>139,8</b>	<b>30,3</b>	<b>29,8</b>	<b>29,5</b>	<b>19,1</b>

<sup>1</sup>Exportação via colheita das hortaliças e frutas (Tabela 5); <sup>2</sup> Balanço aparente fonte de fertilização = saídas via colheita de hortaliças e frutas – entrada via fontes de fertilização; <sup>3</sup>Balanço aparente fonte de fertilização e cobertura morta = Exportação das hortaliças e frutas – (entrada via fontes de fertilização + Cobertura vegetal morta).

**Tabela 18.** Massa fresca e seca, entradas via fontes de fertilização, saídas e balanço aparente de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio da produção de biomassa vegetal nos anos agrícolas de 2015 e 2016 no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

		2015						2016					
		M. fresca	N	P	K	Ca	Mg	M. fresca	N	P	K	Ca	Mg
		kg						kg					
<b>Fontes de adubação</b>	Torta de mamona	340,00	16,64	2,33	3,43	2,65	1,41	100,00	4,89	0,68	1,01	0,78	0,42
	Termofosfato	80,00	0,00	5,97	0,00	1,52	0,68	100,00	0,00	7,47	0,00	1,90	0,86
	Sulfato de potássio	10,00	0,00	0,00	3,99	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	39,87	0,00	0,00
	<b>Entradas Total</b>	<b>430,00</b>	<b>16,64</b>	<b>8,30</b>	<b>7,42</b>	<b>4,17</b>	<b>2,10</b>	<b>300,00</b>	<b>4,89</b>	<b>8,15</b>	<b>40,88</b>	<b>2,68</b>	<b>1,27</b>
<b>Produção de Biomassa</b>	Gliricídia	124,00	2,26	0,22	1,53	1,10	0,44	325,25	5,92	0,58	4,01	2,89	1,17
	Capim elefante	1.342,00	7,02	1,47	8,02	2,84	2,27	1.716,00	8,98	1,88	10,26	3,63	2,91
	Capim elefante + gliricídia	1.416,00	16,61	2,04	12,96	7,79	3,74	1.264,00	14,83	1,82	11,57	6,96	3,34
	<b>Saída Total</b>	<b>2.882,00</b>	<b>25,89</b>	<b>3,73</b>	<b>22,51</b>	<b>11,73</b>	<b>6,46</b>	<b>3.305,25</b>	<b>29,73</b>	<b>4,27</b>	<b>25,83</b>	<b>13,47</b>	<b>7,41</b>
<b>Balanço aparente</b>		<b>-2.452,00</b>	<b>-9,26</b>	<b>4,57</b>	<b>-15,09</b>	<b>-7,57</b>	<b>-4,36</b>	<b>-3.005,25</b>	<b>-24,83</b>	<b>3,88</b>	<b>15,04</b>	<b>-10,79</b>	<b>-6,14</b>

<sup>1</sup> Exportação via corte de biomassa vegetal; <sup>2</sup> Balanço aparente = Exportação da biomassa vegetal – entrada via fontes de fertilização.

No ano agrícola de 2016, o subsistema gliricídia foifertilizado com grande quantidade de sulfato de potássio (115 kg), com o objetivo de repor o balanço nutritivo negativo notado em 2015. Isso resultou em um balanço parcial de potássio positivo em 2016. Demonstra-se o uso prático do balanço de nutrientes no manejo da fertilidade do Módulo de cultivo e o potencial de uso desta ferramenta para manejo de sistemas de produção.

### 3.5.4 Variabilidade espacial e temporal de atributos do solo

#### 3.5.4.1 Estatística descritiva e geoestatística

A primeira etapa da análise geoestatística consiste na estatística descritiva dos atributos do solo (Tabela 19). Dados com distribuição normal possuem valores similares de média, mediana, moda e assimetria, variando em torno de 0 a  $\pm 0,5$  e curtose menor que  $\pm 0,5$  (VIEIRA et al., 2002). As variáveis indicadas por log, não obtiveram distribuição normal e os dados foram submetidos à transformação pela função logarítmica.

**Tabela 19.** Estatística descritiva dos atributos de solo avaliados nos anos de 2015 a 2017, no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

Atributo <sup>1</sup>	Ano	Média	Variância	CV <sup>2</sup>	Mín.	Máx.	Assimetria	Curtose	$\Lambda^3$
		g kg <sup>-1</sup>		%	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>			
Elevação	2011	27,62	2,90	6,16	25,00	29,00	-0,64	-1,33	N
Argila	2015	8,33	13,63	44,28	3,00	16,00	0,20	-0,86	N
pH	2015	6,21	0,22	7,54	5,19	7,26	0,07	-0,78	log
	2016	5,61	0,19	7,67	4,67	6,45	-0,16	-0,86	log
	2017	5,86	0,46	11,57	4,53	7,32	0,16	-1,07	log
P	2015	84,29	6131,00	92,90	5,54	325,40	1,11	0,52	N
	2016	77,67	5319,00	93,91	7,54	312,50	1,17	0,66	N
	2017	70,80	3936,00	88,61	5,69	288,40	0,85	0,11	N
K	2015	59,64	2260,00	79,72	11,13	254,00	0,18	-0,76	log
	2016	55,05	2698,00	94,35	8,53	338,00	0,74	0,82	log
	2017	51,44	2538,00	97,93	6,86	305,60	0,68	-0,17	log
Ca	2015	2,05	1,34	56,52	0,49	5,42	0,97	0,47	N
	2016	1,80	0,79	49,21	0,12	4,09	0,44	-0,53	N
	2017	1,95	1,24	57,09	0,40	6,19	0,51	-0,10	log
Mg	2015	0,77	0,18	55,02	0,11	2,13	0,81	0,37	N
	2016	0,80	0,22	58,60	0,06	2,61	0,67	0,46	N
	2017	0,67	0,17	60,56	0,12	2,31	0,62	0,39	log
GFE	2015	15,60	0,27	3,31	14,63	17,22	0,74	0,32	N
	2017	8,374	7,336	32,34	3,67	19,89	1,01	0,50	N
GT	2015	53,21	140,90	22,31	43,04	77,16	0,90	-0,61	N
	2017	16,85	50,22	42,05	1,73	50,75	1,38	3,74	log
COT	2015	2,79	2,30	54,29	0,42	8,64	0,61	-0,20	N
	2017	3,56	4,25	57,83	0,41	10,62	0,88	0,06	N
FLL	2015	6,05	8,07	46,94	1,57	20,92	2,54	4,44	log
	2017	2,93	3,71	65,77	0,02	9,73	1,44	1,12	log

<sup>1</sup> pH - Potencial Hidrogeniônico; P – Fósforo (mg dm<sup>-3</sup>); K – Potássio (mgdm<sup>-3</sup>); Ca – Cálcio (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>); Mg – Magnésio (cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>); GFE - Glomalina Facilmente Extraível (mg g<sup>-1</sup>); GT - Glomalina total (mg g<sup>-1</sup>); COT - Carbono Orgânico Total (g kg<sup>-1</sup>); FLL - Fração leve livre (g kg<sup>-1</sup>); <sup>2</sup> CV - Coeficiente de variação; Min - Valor mínimo; Max - Valor Máximo; <sup>3</sup> N – dados normais log – transformações dos dados por função log;

Os coeficientes (c0, c1 e alcance), o modelo ajustado (gaussiano, exponencial ou esférico) e a razão de aleatoriedade são obtidos pelo ajuste dos semivariogramas e utilizados na análise geoestatística (Tabela 20). Os semivariogramas experimentais (Anexo II) demonstram que há dependência espacial para todos os atributos do solo, com exceção da densidade de glomerosporos, que no ano de 2017, não foi dependente espacialmente. Esta falta de dependência espacial pode ter ocorrido pelo menor número de pontos amostrais, em comparação com os demais atributos do solo, e também pela alta aleatoriedade baixa densidade de glomerosporos (variaram de 2 a 11 n° 50g solo<sup>-1</sup>). O modelo gaussiano obteve o melhor ajuste para todos os atributos, exceto para glomalina total (GT), em 2015, em que o modelo exponencial foi melhor ajustado.

**Tabela 20.** Modelos e parâmetros dos semivariogramas ajustados dos atributos de solo avaliados de 2015 a 2017, no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

Atributo <sup>1</sup>	Ano	Modelo	C0 <sup>2</sup>	C1	a	R.A.
Elevação	2011	Gaussiano	0,10	1,80	55,00	5,26
Argila	2015	Gaussiano	3,50	10,00	55,00	25,93
pH	2015	Gaussiano	0,25	0,55	45,00	31,25
	2016	Gaussiano	0,21	0,58	21,00	26,58
	2017	Gaussiano	0,75	0,30	35,00	71,43
P	2015	Gaussiano	0,10	0,45	55,00	18,18
	2016	Gaussiano	0,04	0,35	40,00	10,26
	2017	Gaussiano	0,00	0,52	35,00	0,00
K	2015	Gaussiano	0,36	0,50	50,00	41,86
	2016	Gaussiano	0,20	0,77	35,00	20,62
	2017	Gaussiano	0,20	0,65	25,00	23,53
Ca	2015	Gaussiano	0,17	0,60	60,00	22,08
	2016	Gaussiano	0,15	0,45	50,00	25,00
	2017	Gaussiano	0,20	0,50	25,00	28,57
Mg	2015	Gaussiano	0,25	0,50	55,00	33,33
	2016	Gaussiano	0,15	0,56	45,00	21,13
	2017	Gaussiano	0,40	0,45	26,00	47,06
GFE	2015	Gaussiano	0,10	1,10	16,00	8,33
	2017	Gaussiano	8,00	5,00	22,00	61,54
GT	2015	Exponencial	0,20	0,63	45,00	24,09
	2017	Gaussiano	35,00	30,00	25,00	53,85
COT	2015	Gaussiano	0,70	0,30	32,00	70,00
	2017	Gaussiano	0,60	0,30	18,00	66,67
FLL	2015	Gaussiano	0,00	1,10	22,00	0,00
	2017	Gaussiano	0,85	0,25	15,00	77,27

<sup>1</sup> pH - Potencial Hidrogênionico; P - Fósforo (mg dm<sup>-3</sup>); K - Potássio (mgdm<sup>-3</sup>); Ca - Cálcio (cmol.dm<sup>-3</sup>); Mg - Magnésio (cmol.dm<sup>-3</sup>); GFE - Glomalina Facilmente Extraível (mg g<sup>-1</sup>); GT - Glomalina total (mg g<sup>-1</sup>); COT - Carbono Orgânico Total (g kg<sup>-1</sup>); FLL - Fração leve livre (g kg<sup>-1</sup>); <sup>2</sup> C0 - Efeito pepita; C1 - Contribuição; a - Alcance; R.A. - Razão de aleatoriedade = C0/(C0+C1)\*100.

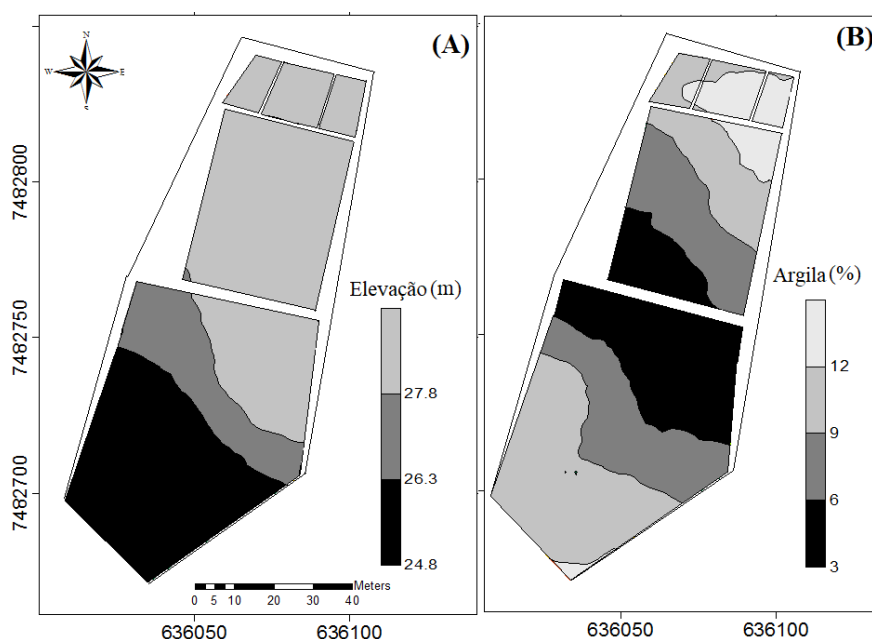
As médias indicam que o valor de pH diminuiu ao longo dos anos (Tabela 19), mantendo-se na faixa ótima para as culturas, resultados semelhantes aos observados nos anos anteriores (MATA, 2016). As médias dos valores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) também diminuíram levemente ao longo dos anos, porém sem mudanças abruptas, o P manteve-se na classe alta e os demais mantiveram-se na classe média. Dos anos de 2012 a 2014 ocorreu um aumento pequeno e gradual dos valores de P, K Ca e Mg (MATA, 2016), os valores de P e K em 2015 foram superiores aos de 2014 e diminuíram nos anos

seguintes. Já, os valores de Ca e Mg em 2015 foram menores que os de 2014 e continuaram caído nos anos seguintes.

A razão de aleatoriedade (R.A.) mostra que a proporção do efeito pepita em relação à semivariância total mudou, não apenas entre os atributos do solo, mas também entre os anos dentro do mesmo atributo do solo. À medida que a proporção de efeito de pepita aumenta (R. A. alta), os resultados do interpolador de krigagem ordinária tornam-se mais próximos da média simples (CAMBARDELLA et al., 1994). Em geral, a R.A. variou de baixa à moderada, o que significa que os resultados da krigagem ordinária são mais ponderados do que a média simples, o que resulta em mapas mais precisos. Considerando os semivariogramas e seus respectivos modelos e parâmetros ajustados, a krigagem ordinária foi aplicada e os mapas de cada atributo de solo foram comparados ao longo dos anos.

### 3.5.4.2 Atributos físicos e químicos

Os mapas de elevação e do teor de argila foram separados em 3 e 4 classes, respectivamente (Figura 9). A elevação variou de 24,8 a 29,0 metros, classificando o relevo do Módulo de cultivo como plano. A argila variou de 3 a 16 g kg<sup>-1</sup>, classificando os solos como de textura arenosa e extremamente arenosa. Solos tropicais arenosos têm uma ampla gama de fatores limitantes para o uso agrícola, incluindo deficiências nutricionais, acidez, estresse hídrico e atributos físicos deficientes (BELL; SENG, 2007). Nota-se que a topografia (elevação) influencia no conteúdo de argila, na cota alta há maiores conteúdos de argila, na encosta baixos teores de argila e na cota mais baixa há altos teores de argila. Maiores teores de argila concentram-se na área de produção de hortaliças.

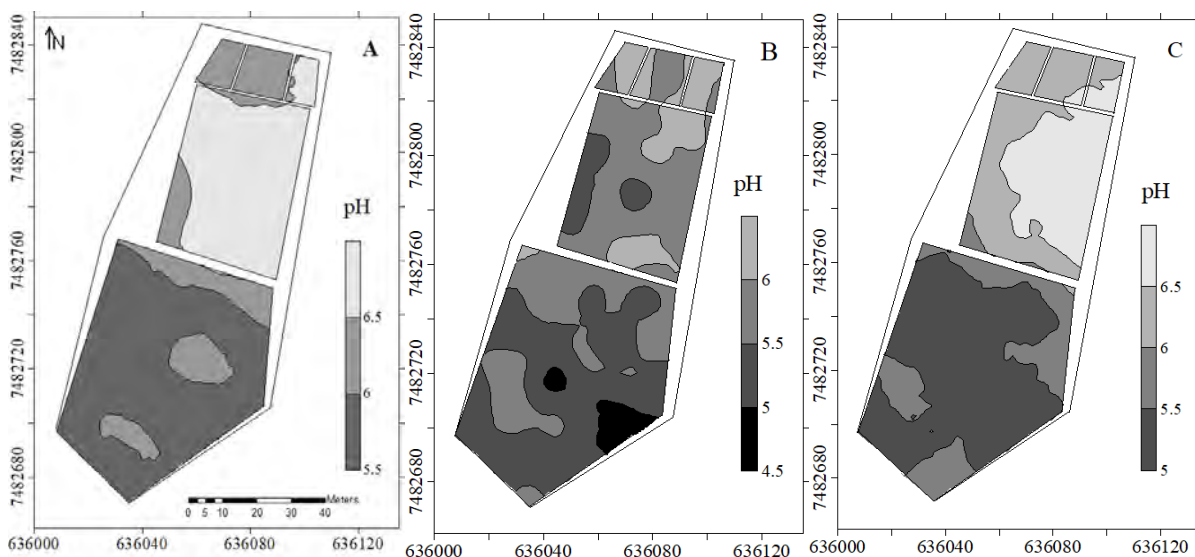


**Figura 9.** Mapas da variabilidade espacial de elevação (A) e argila (B) no ano agrícola de 2011\*no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

\*dados obtidos por Mata (2012) e trabalhados pela autora.

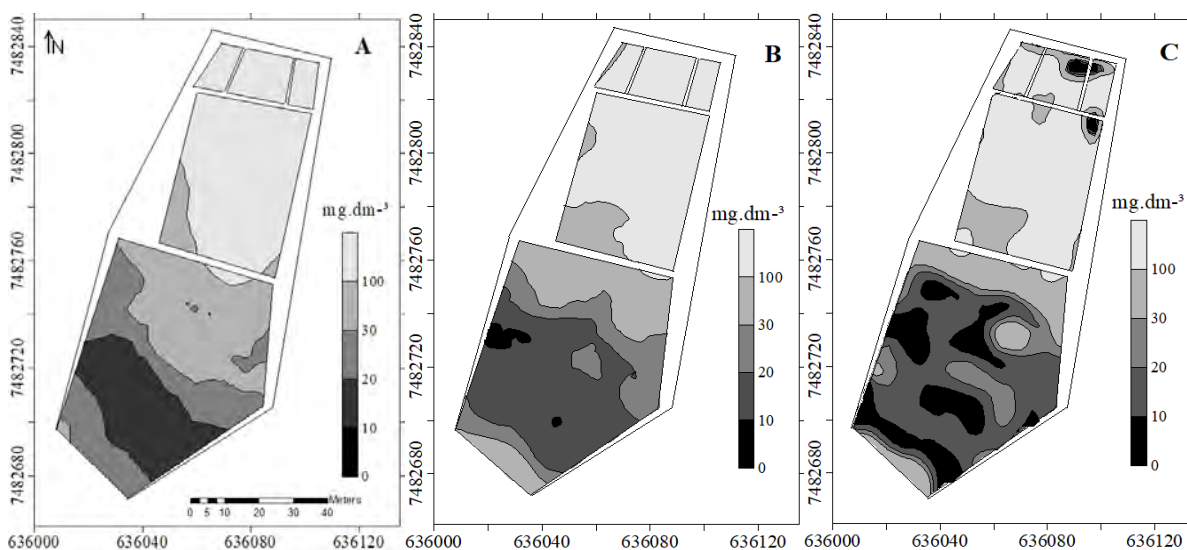
Os mapas da variabilidade espacial dos valores aferidos de pH foram separados em classes com intervalos de valores de 0,5 de pH (Figura 10). Houve variação de 4,53 a 7,32 de pH nos 3 anos, classificados como moderadamente ácidos a neutros, ideais para o cultivo agrícola, segundo Classificação de Solos do Rio de Janeiro (FREIRE, 2013). Em todos os anos é nítida a diferença entre os subsistemas dedicados à produção intensiva de hortaliças (policultivo, tomate, telado e couve) que concentram as classes superiores de pH, ao norte dos

mapas, e os subsistemas dedicados a produção de biomassa vegetal (gliricídia, capineira e aleias) que concentram as classes inferiores, ao sul dos mapas (Figura 2).



**Figura 10.** Mapas da variabilidade espacial dos níveis de pH do solo no ano agrícola de 2015 (A), 2016 (B) 2017 (C) no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

Os teores de fósforo foram diferenciados em 5 classes (Figura 11) de acordo com os parâmetros adotados no estado do Rio de Janeiro, em que são classificados em quatro níveis: baixo, com valores abaixo de  $10\text{mg dm}^{-3}$ ; médio, com valores entre  $11$  e  $20\text{mg dm}^{-3}$ ; alto, com valores entre  $21$  e  $30\text{mg dm}^{-3}$ ; e muito alto, com valores acima de  $30\text{mg dm}^{-3}$  (FREIRE, 2013). A classe acima de  $100\text{mg dm}^{-3}$  foi incluída uma vez que altos teores de fósforo podem inibir a colonização de fungos micorrízicosarbusculares (ABBOTT; ROBSON, 1991; MENGE et al., 1978).

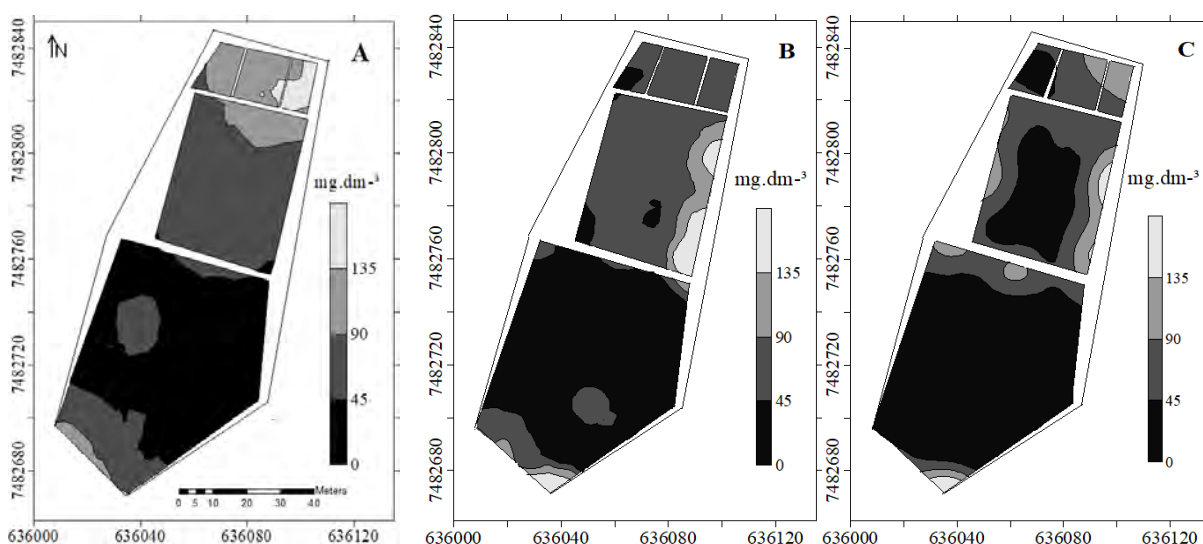


**Figura 11.** Mapas da variabilidade espacial dos níveis de fósforo do solo no ano agrícola de 2015 (A), 2016 (B) 2017 (C) no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

Nos anos 2015 e 2016, os teores de fósforo foram classificados como muito altos em todos os subsistemas dedicados à produção intensiva de hortaliças. Em 2017, foram obtidos teores baixos no subsistema tomate. Em contraposição, nos subsistemas capim e aléia

(exportação) os teores são classificados como baixo. Recomenda-se a reposição de fósforo nestes subsistemas, principalmente pela grande exportação de nutrientes, seja via rochas fosfáticas naturais ou termofosfatos reativos. Os solos arenosos apresentam baixa capacidade de adsorção de fósforo (NOVAIS; SMYTH; NUNES, 2007), além disso, as formas de P e sua dinâmica são significativamente afetadas por mudanças no uso do solo e a ciclagem de nutrientes do sistema de produção, em especial o uso de cobertura e biomassa vegetal pode aumentar a quantidade de P disponível (KRETZSCHMAR et al., 1991; SONMEZ; PIERZYNSKI, 2017)

Os mapas de variabilidade espacial de potássio (Figura 12) foram divididos em 4 classes seguindo a classificação utilizada no estado do Rio de Janeiro: baixo, com valores abaixo de 45 mg dm<sup>-3</sup>; médio, com valores entre 46 e 90mg dm<sup>-3</sup>; alto, com valores entre 91 e 135mg dm<sup>-3</sup>; e muito alto, com valores acima de 135 mg dm<sup>-3</sup> (FREIRE, 2013). Em todos os anos os subsistemas dedicados à produção de biomassa vegetal concentraram a classe baixa. Em 2015, a classe média e alta concentra-se nos subsistemas dedicados a produção intensiva de hortaliças. Porém, nos anos seguintes a classe baixa aumentou sua área, em torno de 20%, abrangendo também os subsistemas policultivo e couve.

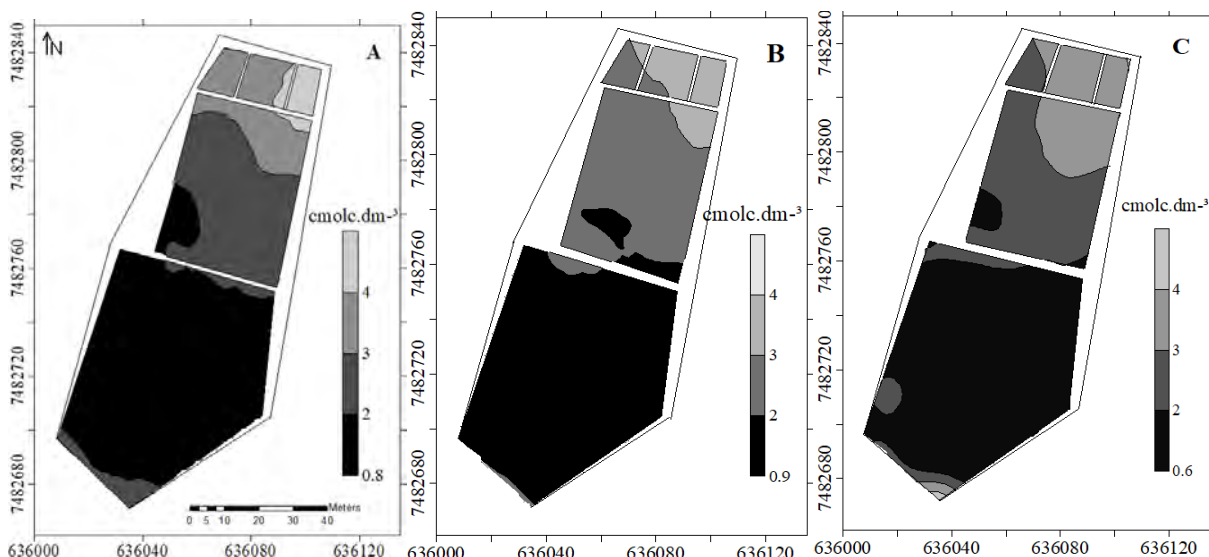


**Figura 12.** Mapas da variabilidade espacial dos níveis de potássio do solo no ano agrícola de 2015 (A), 2016 (B) 2017 (C) no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

Sabe-se que as hortaliças extraem grande quantidade de potássio (ZÖRB; SENBAYRAM; PEITER, 2014) e os fertilizantes orgânicos contêm, em geral, baixa concentração deste nutriente. Além disso, a lixiviação de K é maior em solos arenosos em comparação com solos de textura argilosa. Destaca-se a necessidade da reposição de potássio nos subsistemas dedicados a produção de biomassa vegetal, principalmente pelo balanço parcial negativo observado nesta área (item 3.5.2). De 2012 a 2014, nos subsistemas dedicados a produção de hortaliças se observou teores médios e altos, pela primeira vez, em 2015, teores baixos foram observados, alertando para a necessidade da fertilização de todo o sistema com base em potássio. A atual fertilização é calculada com base nos teores de nitrogênio dos fertilizantes. Assim, recomenda-se a realização de cálculos que levem em consideração os teores de potássio dos fertilizantes, a escolha de fertilizantes orgânicos com maior concentração de potássio do que as atuais fontes utilizadas (farelo de mamona e composto fermentado) e/ou a mudança da atual formulação de composto fermentado, incluindo matérias primas com maior concentração de potássio (bagaço de cana, casca de café e etc.).

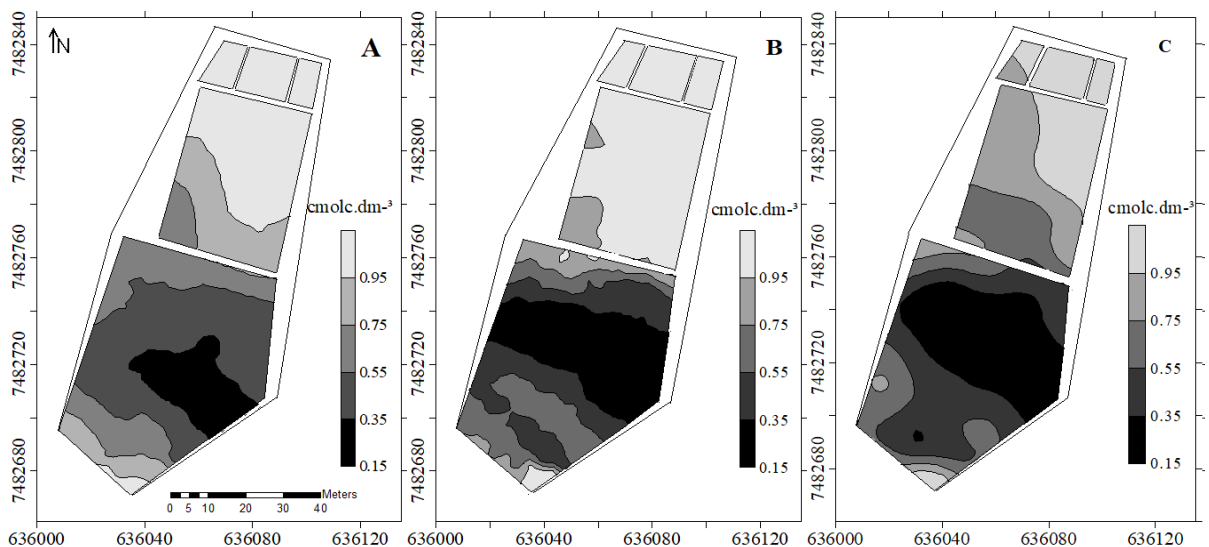


Em estudo realizado no Módulo de cultivo, demonstrou-se que houve sazonalidade ao longo do ano nos teores de K disponível. Nos subsistemas dedicados à produção de hortaliças os teores aumentam após o ciclo de primavera/verão e diminuem após o ciclo de outono/inverno nos dois anos avaliados (2013 e 2014). Indicando a importância do plantio de adubos verdes para repor os níveis de K e outros atributos químicos do solo. Considerou-se este ciclo uma importante e fundamental ação para restaurar nutricional e estruturalmente o agroecossistema, uma alternativa ideal para o período de primavera/verão quando as condições edafoclimáticas limitam a produção de vegetais folhosos (PIAN, 2015).



**Figura 13.** Mapas da variabilidade espacial dos níveis de cálcio do solo no ano agrícola de 2015 (A), 2016 (B) 2017 (C) no Módulo de Cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

Os menores teores de cálcio foram observados nos subsistemas dedicados a produção de biomassa vegetal (Figura 13), mesma tendência de pH, P e K. Já os menores teores de magnésio foram observados no subsistema capineira (Figura 14). Vale destacar a semelhança nos padrões espaciais destes atributos com os de argila (Figura 8).



**Figura 14.** Mapas da variabilidade espacial dos níveis de magnésio do solo no ano agrícola de 2015 (A), 2016 (B) 2017 (C) no Módulo de cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

Parâmetros utilizados no estado do Rio de Janeiro para os teores de cálcio + magnésio no solo são classificados em: baixo, com valores abaixo de  $2\text{cmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ; médio, com valores entre  $2,1$  e  $6\text{cmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ; alto, com valores entre  $6,1$  e  $10\text{cmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ; e muito alto, com valores acima de  $10$  (FREIRE, 2013). Segundo esta classificação, se observou teor médio nos subsistemas dedicados à produção de hortaliças e teor baixo nos subsistemas de produção de biomassa vegetal. Em concordância com os resultados do balanço parcial de nutrientes já apresentados, que mostraram balanço positivo na área de produção de hortaliças e negativo na área de produção de biomassa vegetal. Destacando novamente a necessidade da reposição de nutrientes nesta área, que exporta grande quantidade de biomassa vegetal e é vital para a manutenção da fertilidade do solo e do balanço parcial de nutrientes global positivo.

A mesma tendência temporal ocorreu para pH, cálcio, magnésio, potássio e fósforo, com aumento da área das classes mais altas no ano de 2016 e diminuição no ano de 2017. O aumento do cálcio implica no aumento da soma de bases e no conteúdo dos íons  $\text{OH}^-$  nos solos, elevando o pH.

Considerando a textura arenosa e extremamente arenosa dos solos do Módulo de cultivo, e conseqüente fragilidade, difícil formação de agregados, baixa retenção de água, nutrientes e matéria orgânica (DONAGEMMA et al., 2016), os teores de nutrientes altos e, mesmo os, médios observados neste estudo são respostas positivas das práticas implantadas no manejo do agroecossistema. Estes teores podem ser explicados pela constante adição de fertilizantes orgânicos (EDMEADES, 2003; PARK et al., 2011), como composto fermentado (BOECHAT; SANTOS; ACCIOLY, 2013), composto vegetal, cobertura morta (BULLUCK et al., 2002) e biomassa vegetal, especialmente adubos verdes (PERIN et al., 2004). Os nutrientes avaliados em sua forma disponível, ou seja, na solução do solo e disponíveis para a absorção pelas plantas, indicam que as plantas estão se beneficiando destes nutrientes, o que é evidenciado pela alta produtividade e poucos problemas sanitários e nutricionais das hortaliças. Porém, pela grande exportação de nutrientes há indícios de que pouco ou nada sobra para a formação do reservatório de matéria orgânica do solo.

O uso da geoestatística para apresentar a variabilidade espacial e temporal dos atributos do solo contribuiu para o entendimento da dinâmica dos nutrientes e sua relação com os cultivos e o uso do solo no sistema de produção. Permitindo o monitoramento e auxiliando no planejamento do manejo nutricional do Módulo de cultivo.

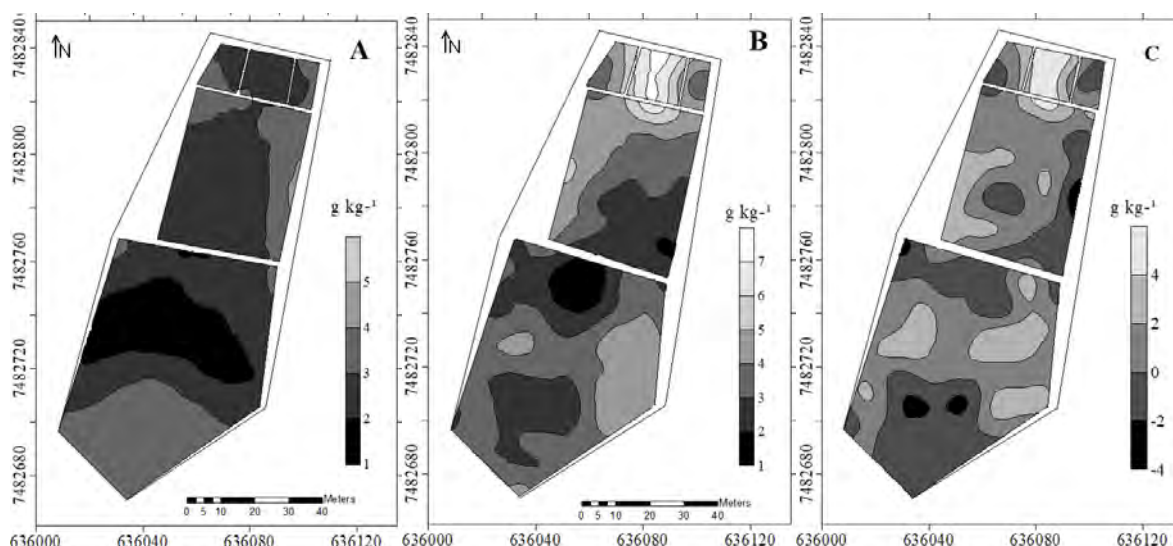
### 3.5.4.3 Matéria orgânica

O carbono orgânico total (COT) é um indicador indireto da matéria orgânica do solo (MOS). No ano de 2015, os teores variaram de  $0,42$  a  $8,64\text{ g kg}^{-1}$  e no ano de 2017 variaram de  $0,62$  a  $10,62\text{ g kg}^{-1}$  (Figura 15). Teores menores que  $10\text{ g kg}^{-1}$  são classificados como baixo para o estado do Rio de Janeiro. Os teores médios valores entre  $22$  e  $20\text{ g kg}^{-1}$  (FREIRE, 2013). Estes teores estão abaixo do observado no ano de 2014 (entre  $5,61$  e  $15,09\text{ g kg}^{-1}$ ), sendo semelhantes aos resultados dos anos 2012 e 2013 (MATA, 2016).

Para entender a dinâmica do carbono na área, é importante atentar para o fator tempo, antes da implantação do Módulo de cultivo a área apresentava pastagem bem formada e com níveis estáveis de COT. Com a implantação do sistema, em 2010, o teor de COT do solo decaiu consideravelmente e se manteve estável nos anos de 2012 e 2013. Em 2014, o primeiro aumento considerável de C foi verificado, porém em 2015 e 2017 os teores caíram e foram novamente semelhantes aos anos de 2011 a 2013. Assim, analisando esta série histórica, pode-se aferir que há uma estabilização dos níveis de COT do solo, próximo ao que foi aferido neste estudo e nas condições de manejo empregadas.

Os menores teores foram encontrados no subsistema capineira em 2015 e no subsistema gliricídia em 2017 (cor preta na Figura 15-A e B). Subsistemas com menores

teores de argila (Figura 9), nutrientes no solo e adição de fertilizantes. Teores mais elevados de COT foram observados principalmente no subsistema telado, no ano agrícola de 2017, área com maior concentração de argila, adição de biomassa vegetal. A argila está diretamente relacionada com a estabilização da MOS (SINGH et al., 2018). A importância da argila é baseada na capacidade da MOS de formar várias ligações com partículas de alta superfície específica, como argila e silte, permitindo a proteção da MOS coloidal (BAIANO; MORRA, 2017; TAHIR; MARSCHNER, 2017; WIESMEIER et al., 2015). Os solos arenosos são frágeis para manter a MOS em relação a solos argilosos, agravada pelas altas temperaturas e precipitações da região, ainda assim não se pode considerar um impedimento ao aumento da MOS (PUTTASO et al., 2013; ZINN et al., 2007).



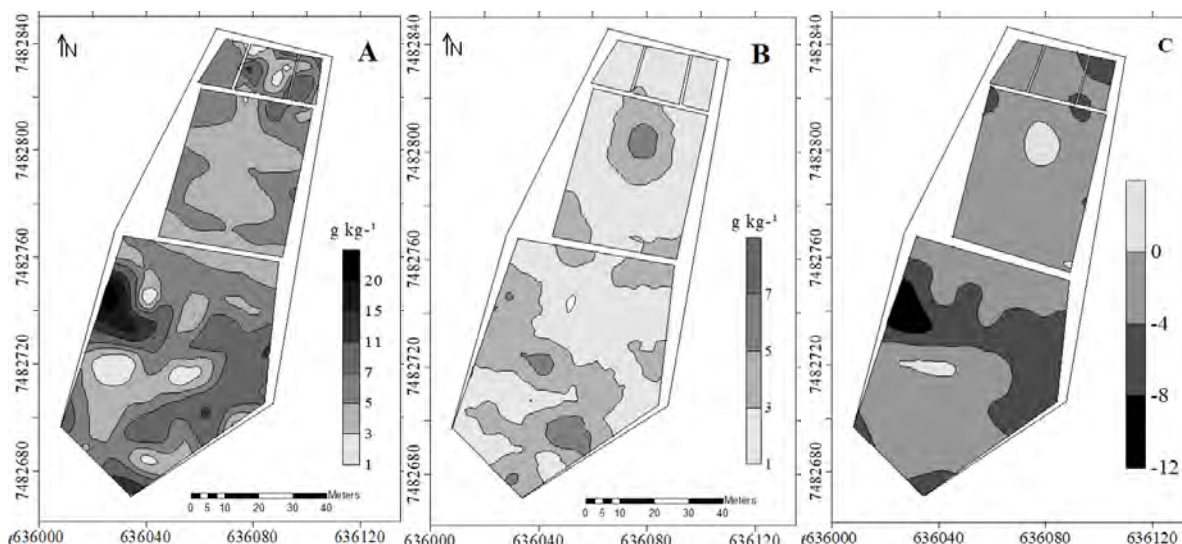
**Figura 15.** Mapas da variabilidade espacial de carbono orgânico total em 2015 (A), em 2017 (B) e a diferença entre 2015 e 2017 (C), no Módulo de cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

No subsistema telado e em parte do policultivo e capineira, houve leve incremento de COT de 2015 para 2017 (Figura 15-C). A maior elevação ocorreu no subsistema telado (ganhos acima de  $4 \text{ g kg}^{-1}$ ) e a maior queda nos subsistemas aléias, gliricídia e parte do policultivo (perdas de até  $4 \text{ g kg}^{-1}$ ). Aparentemente o aumento relativo de COT nos subsistemas de produção de hortaliças, ocorre em detrimento da perda de COT dos subsistemas dedicados à produção de biomassa vegetal, o que contribui para menor fertilidade do solo destas áreas. Faz-se necessário refletir se a retirada de biomassa vegetal do subsistema capineira é excessiva, uma alternativa pode ser a permanência da biomassa vegetal na mesma área após um dos cortes do ano. Esta polaridade entre formas de produção já foi evidenciada de 2012 a 2014, tanto para COT, como para os nutrientes do solo e pH (MATA, 2016).

Em estudo desenvolvido na Fazendinha Agroecológica Km 47, incluindo amostragens no Módulo de cultivo, mostrou que a maior parte do carbono presente está na forma de humina, indicando que a interação entre a fração mineral (argila) pode ser o caminho para a acumulação de MOS humificada. Sugere ainda que, a adição externa de fontes mais humificadas de substâncias húmicas (aromáticas) pode aumentar a recalcitrância das substâncias húmicas do solo e proporcionar a estabilização da MOS (TARCÍSIO GOMEZ et al., 2017). Fontes mais usuais de matéria orgânica humificada são os compostos orgânicos estabilizados, feitos a partir de fontes vegetais e/ou animais e vermicompostos.

De 2012 a 2014 houve um aumento gradual da fração leve livre (FLL) em toda a área do Módulo de cultivo, principalmente, nos subsistemas de produção de hortaliças, em que os teores da FLL foram de 8 a  $18 \text{ g kg}^{-1}$  em 2014. Esta tendência se inverteu e em 2015 ocorreu a

diminuição dos teores da fração leve, que ficaram entre 3 a 11 g kg<sup>-1</sup>(Figura 16-A) e em 2017 os teores caíram de 1 a 7 g kg<sup>-1</sup> nestes subsistemas (Figuras 16-B), voltando aos teores obtidos no ano de 2012. Nos subsistemas de produção de biomassa vegetal, os teores de FLL em 2014 foram de 8 a 12 g kg<sup>-1</sup>, já em 2015 os teores variaram nestes subsistemas, indo de 1 a 20 g kg<sup>-1</sup>. Em 2017, os teores caíram de 1 a 7 g kg<sup>-1</sup> nestes subsistemas. Os teores mais elevados no ano de 2015 (11 a 20 g kg<sup>-1</sup>) concentraram-se na lateral oeste do Módulo de cultivo, área com má drenagem e que margeia uma pequena área de vegetação arbustiva alta e densa, que pode ter gerado um aumento desproporcional da FLL.



**Figura 16.** Mapas da variabilidade espacial da fração leve livre da matéria orgânica em 2015 (A) e em 2017 (B) e a diferença entre 2015 e 2017 (C), no Módulo de cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

A diferença entre os anos de 2017 e 2015 foram nulas ou negativas em todo o módulo (Figura 16-C), com perdas acentuadas nos subsistemas capineira e gliricídia. Ao contrário das tendências de elevação de FLL (e COT) observadas de 2012 a 2014 (MATA, 2016). No Módulo de cultivo as maiores perdas de COT e FLL ocorreram nos subsistemas capineira e gliricídia que concentram os menores teores de argila (de 3 a 6% na Figura 9).

Mudanças no manejo do agroecossistema podem explicar estas variações, em especial mudanças no preparo do solo que ocorreram no ano de 2017. Devido a limitações com mão de obra, o preparo do solo para plantio de hortaliças passou a utilizar rotineiramente trator para gradagem e levantamento dos canteiros (encanteirador mecânico) (SILVA, 2018), que revolve o solo em profundidades superiores a 20 cm, aera intensamente esta camada do solo, ativando microrganismos e potencializa as perdas de carbono e nitrogênio do solo (BAYER; MIELNICZUK, 2008). De 2013 a 2016, o trator e encanteirador mecânico eram utilizados em apenas dois momentos do ano, no início e no fim do ciclo de hortaliças. E durante o ciclo de produção de hortaliças o preparo dos canteiros era feito com micro-trator (tobata) e manualmente (enxada), revolvendo o solo apenas superficialmente.

Outra mudança no manejo adotada em 2015 refere-se à fertilização, o uso de composto fermentado no pré-plantio das hortaliças cultivadas no subsistema policultivo e telado foi intensificado, sendo esta a única fonte de fertilização da maioria dos cultivos, utilizado na dose de 200 kg N ha<sup>-1</sup> ( $\pm$  0,5 kg de composto m<sup>-2</sup>). Considerando que aplicação de composto fermentado aumenta a biomassa e atividade nos microrganismos do solo (LIMA, 2018; OLIVEIRA, 2015), principalmente uma semana após sua aplicação (SHIN et al., 2017), devido às matérias primas utilizadas em sua preparação serem facilmente degradadas após o processo fermentativo e pela presença de microrganismos no próprio composto fermentado.

Pode-se ponderar que, o uso constante do composto fermentado associado ao revolvimento do solo contribuiu para a diminuição dos teores de COT e FLL dos solos dos subsistemas dedicados a produção de hortaliças. Mas não se pode afirmar sem a realização de estudos aprofundados sobre o efeito da aplicação de compostos fermentados nestas condições.

Os resultados apresentados destacam a importância do uso consciente das práticas agrícolas, que podem aprimorar aspectos do solo, como observado para alguns atributos químicos, quanto podem agravar outros aspectos como os atributos relacionados a MOS. As ferramentas geoestatísticas mostram-se eficazes para o monitoramento destes aspectos de um agroecossistema complexo. A partir da variabilidade espacial e temporal é possível entender o impacto das atuais práticas agrícolas e planejar novas ações.

#### **3.5.4.4 Comunidade de Fungos micorrízicos arbusculares**

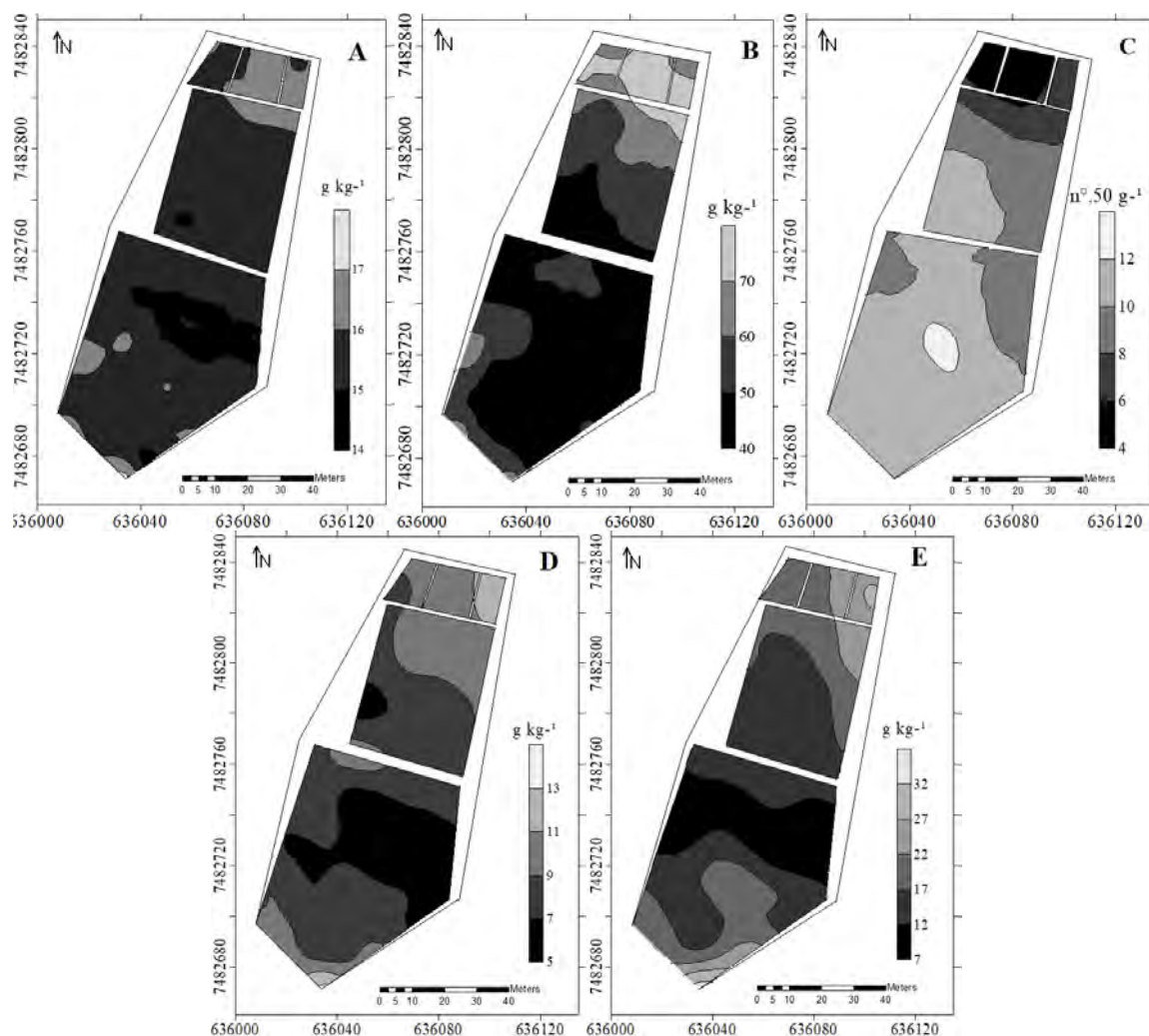
A glomalina facilmente extraível (GFE) diminuiu de 2015 para 2017 em toda a área do Módulo de cultivo (Figura 17-A e D), em 2015 os teores variaram de 14 a 17 g kg<sup>-1</sup> e em 2017 de 5 a 13 g kg<sup>-1</sup>. Em concordância aos resultados de COT e FLL. As comunidades microbianas não são aleatórias, mas fortemente relacionadas com variações no carbono orgânico do solo, teor de argila, água no solo em nível de campo (NAVEED et al., 2016), tipos de vegetação (SHI; LIU; WANG, 2013) e fatores climáticos, que são importantes condutores de padrões espaciais (CHAUDHARY et al., 2014). Todos estes fatores controlam a variabilidade da FLL (ROSCOE; MACHADO, 2002).

Em estudo realizado no Módulo de cultivo nos anos de 2013 e 2014 os teores variaram de 8 a 10 g kg<sup>-1</sup> e observaram-se mudanças sazonais, principalmente, nos subsistemas de produção de hortaliças. Os valores de GFE diminuíram após o ciclo outono/inverno em ambos os anos e voltaram ao patamar inicial após o ciclo de primavera/verão. Mostrando uma alta sensibilidade deste atributo ao manejo intensivo do solo no ciclo de outono/inverno (PIAN, 2015). A fração GFE representa a parte mais lábil, mais recentemente produzida e suscetível à atividade de decomposição, pois está concentrada na superfície dos agregados (PURIN; RILLIG, 2007), além disto, está fortemente associada ao uso do solo, sendo susceptível a manejos intensivos do solo (SINGH; RAI; SINGH, 2016).

A glomalina total (GT) diminuiu consideravelmente, variando de 40 a 70 g kg<sup>-1</sup> em 2015, para 7 a 32 g kg<sup>-1</sup> em 2017 (Figura 17-B e E). Em 2013 e 2014, os teores variaram de 25 a 35 g kg<sup>-1</sup> na mesma área (PIAN, 2015). Esta diminuição gradual dos teores de glomalina está associada à diminuição dos teores de COT e FLL. Se o acúmulo de glomalina em solos menos férteis está relacionado a menor taxa de decomposição e alta complexação de compostos orgânicos (LOVELOCK et al., 2004), assumi-se que a diminuição dos seus teores pode indicar que a matéria orgânica está mais susceptível a decomposição.

Devido à grande diferença dos teores de GFE entre os anos, as legendas dos mapas apresentam-se em escalas diferentes, o que permite observar que alguns padrões espaciais foram semelhantes nos dois anos. Como a presença das classes mais baixas (cor preta na Figura 15-A, B, D e E) nos subsistemas capineira e gliricídia. Já as classes altas (cinza claro na Figura 15-A, B, D e E) ocorreram nos subsistemas tomate e telado. Estes resultados estão em concordância com os padrões espaciais dos atributos químicos e da matéria orgânica. Evidenciando a relação entre glomalina, agregação do solo e a proteção física da MOS (NOBRE et al., 2015).

A distribuição espacial dos glomerosporos foi contrária aos padrões espaciais de GFE e GT (Figura 17-C), maior número concentrou-se nos subsistemas de produção de biomassa vegetal (capineira, gliricídia e aléia) e policultivo e menor número nos subsistemas telado e couve. Esta mesma distribuição espacial foi observada em 2013 e 2014, porém em maior número (PIAN, 2015). Em estudo feito na Fazendinha Agroecológica Km 47 números superiores de glomerosporos também foram relatados (LOSS et al., 2009).



**Figura 17.** Mapas da variabilidade espacial de glomalin facilmente extraível (A), glomalina total (B) e densidade de glomerosporos (C) em 2015 e glomalina Facilmente extraível (D) e glomalina total (E) em 2017, no Módulo de cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

A associação entre micorrizas e gramíneas é conhecida (MIRANDA; SILVA; SAGGIN JUNIOR, 2010), onde o sistema radicular fasciculado (plantas com metabolismo C4) fixa carbono e proporciona abundância de fotoassimilados, o que favorece a multiplicação de fungos micorrízicos. Além disso, solos menos perturbados podem aumentar a colonização de raízes e o número de glomerosporos (PEREIRA et al., 2014; ROBLES ANGELINI et al., 2012). Em adendo, os baixos teores de argila e matéria orgânica dos subsistemas dedicados a produção de biomassa vegetal podem gerar possíveis situações de estresse (hídrico, térmico, etc.) que estimulam a esporulação de fungos micorrízicos, como mecanismo de perpetuação das espécies (ALVES FERREIRA; CARBONE CARNEIRO; SAGGIN JUNIOR, 2012).

No subsistema telado o baixo número de glomerosporos, associado à menor diversidade e riqueza de espécies, também foi relatado nos anos de 2013 e 2014 (PIAN, 2015). Isto se deve possivelmente ao sombreamento de 70% dos canteiros, que estimula nas plantas o crescimento foliar em detrimento do sistema radicular, disponibilizando menos fotoassimilados, desfavorecendo a associação micorrízica (BRUNDRETT, 2002; MENEZES et al., 2016). Além disto, nos subsistemas couve e telado são cultivadas plantas conhecidas pela não associação micorrízica, como a família Brassicaceae (BRUNDRETT, 2017).

O monitoramento espacial e temporal da dinâmica dos fungos micorrizos possibilitou uma visão consistente sobre os impactos das práticas agrícolas no agroecossistema e sobre as relações entre todos os atributos avaliados. Permitindo aprofundar detalhes pertinentes a cada subsistema e a alguns cultivos. Especialmente a relação prejudicial do manejo intensivo de alguns subsistemas com a comunidade fungos micorrízicos, que por sua vez

### 3.5.5 Cromatografia de papel circular plana

Os solos dos subsistemas policultivo, tomate, gliricídia e capineira foram analisados pela técnica da cromatografia de papel circular plana (CPCP), devido à grande variedade de cultivos no subsistema aléiaeste não foi avaliado. A semelhança das 3 repetições do subsistema tomate (Figura 18), indica que existe repetibilidade, um pressuposto fundamental para análise dos dados.



**Figura 18.** Cromatografia de papel circular plana de três repetições do subsistema telado.

A interpretação dos cromatogramas foi baseada na atribuição de nota para aos padrões de desenvolvimento, na mensuração do raio total, da largura da zona central, da zona intermediária e da zona externa e a intensidade da cor da zona central e da zona intermediária (Tabela 21).

**Tabela 21.** Raio total, largura da zona central, intermediária e externa, cor da zona central e intermediária e padrão de desenvolvimento dos cromatogramas de quatro subsistemas do Módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças.

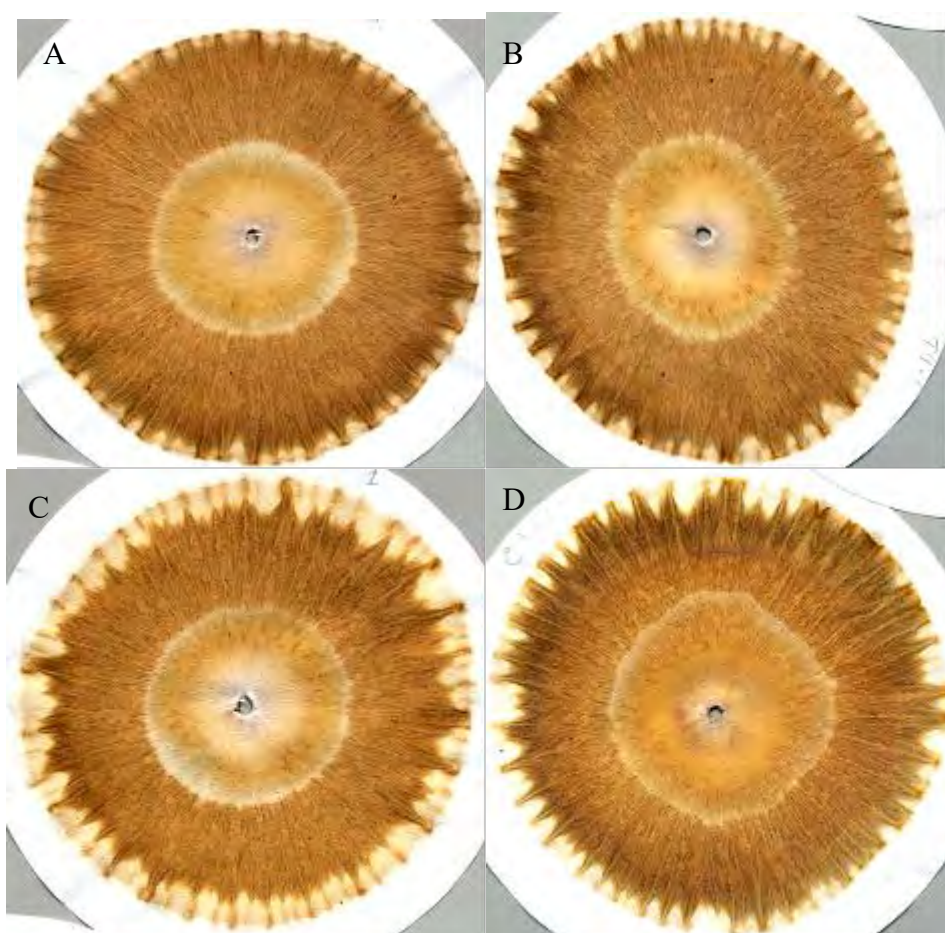
Parâmetros <sup>1</sup>	Subsistema							
	Policultivo		Tomate		Gliricídia		Capineira	
Raio total (cm)	6,00	a <sup>2</sup>	6,00	a	6,00	a	6,00	a
Largura zona central (cm)	2,42	a	2,46	a	2,44	a	2,30	b
Largura zona intermediária (cm)	3,02	a	2,78	b	2,80	b	3,01	a
Largura zona externa (cm)	0,56	c	0,60	c	0,76	a	0,69	b
Cor zona central	5,02	b	5,45	a	4,40	c	5,65	a
Cor zona interna	6,92	c	7,25	b	6,96	c	7,49	a
Padrão de desenvolvimento	3	b	3	b	4	a	3	b

<sup>1</sup> Valores médios das 3 repetições; <sup>2</sup> Letras minúsculas indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os subsistemas pelo teste de scott-knott.

Em todos os cromas, a zona intermediária foi mais larga que a zona central e esta mais larga que a zona externa. Um padrão característico de cromatogramas de solos minerais e que não recebem adubos sintéticos. Em solos com grande conteúdo de matéria orgânica ou solos de mata há uma tendência da zona externa alargar. Já em solos que recebem frequentemente

adubação nitrogenada sintética, a zona central tende a ser mais larga que as demais zonas com coloração branca (TRIO MASEDA, 2016). Quando a amostra de solo (solo+NaOH) corre sobre o filtro de papel que foi impregnado previamente com o nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ), há a formação imediata de hidróxido de prata ( $\text{AgOH}$ ), uma substância relativamente instável, que forma rapidamente um precipitado de óxido de prata ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ). Amostras com maior concentração de nitrogênio solubilizam o óxido de prata, formando o complexo Amin prata  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ , que resulta em coloração branca na zona central do cromatograma (PFEIFFER, 1984).

Os solos analisados aqui são submetidos ao manejo orgânico à, pelo menos, 25 anos, mesmo antes do Módulo de cultivo ser implantado, em 2010, as pastagens implantadas na área não recebiam adubos sintéticos. Por isso os cromatogramas resultantes destes solos não apresentam uma zona central branca, e sim, uma zona central de coloração creme e amarelada (Figura 19). Indicando que o nitrogênio destes solos não está solúvel e sim associado a outras moléculas orgânicas. A zona central mais clara foi observada nos cromatogramas do subsistema gliricídia, que apresenta plantio permanente de uma leguminosa, que fixa e enriquece o solo com nitrogênio. O subsistema policultivo foi o segundo a apresentar a coloração da zona central clara, que, por coincidência, é o subsistema que recebe fertilização via composto fermentado e cobertura vegetal morta com maior intensidade.



**Figura 19.** Cromatografia de papel circular plana dos subsistemas Policultivo (a), Tomate (b), Gliricídia (c) e Capineira (d) do ano de 2015.

As larguras das zonas são proporcionais e somam 6 cm (raio total) em todas as amostras. Por exemplo, no cromatograma da capineira a zona central foi menor que dos outros subsistemas, em contrapartida sua zona intermediária foi superior aos demais. Neste sentido, alguns subsistemas tiveram predominância de uma zona em relação aos demais



subsistemas, na capineira e no policultivo a zona intermediária foi mais larga e na gliricídia a zona externa.

O padrão de desenvolvimento dos cromatogramas toma como base a integração entre as zonas, desenvolvimento da zona externa e os canais que ligam à zona central a zona externa (Figura 16). O subsistema gliricídia destaca-se com o melhor padrão de desenvolvimento, principalmente, em decorrência das características da zona externa e dos canais. Neste subsistema foi observada a zona central mais larga, seguido pelo subsistema capineira. A zona externa mais larga pode estar relacionada com os baixos conteúdos de argila destes subsistemas, em comparação com as áreas de policultivo e tomate. O conteúdo de argila e matéria orgânica do solo influencia diretamente no aparecimento e no tamanho da zona externa (KOKORNACZYK et al., 2017). Solos com altos conteúdos de matéria orgânica tendem a não apresentar zona externa quando submetidas à mesma metodologia empregada para solos minerais, nestes casos é preciso alterar a metodologia e diluir mais a amostra de solo em NaOH para que a zona externa seja revelada (TRIO MASEDA, 2016). Neste estudo a mesma metodologia foi empregada em todos os solos.

Nota-se que houve a revelação das três zonas, sendo a zona central e intermediária divididas por um círculo concêntrico, com maior ou menor intensidade a depender do subsistema avaliado (Figura 19). O círculo concêntrico foi mais intenso, quebrando a continuidade de cores, no subsistema policultivo e gliricídia. A coloração da zona intermediária do subsistema capineira foi mais intensa, seguida pela cor do subsistema tomate, em comparação aos demais subsistemas.

Os padrões apresentados são característicos de solos de sistemas de produção orgânicos de longo prazo, segundo padrões e comparações com solos de sistemas de produção convencional (RIVERA; PINHEIRO, 2011). De forma geral, os cromatogramas foram semelhantes entre si e apresentaram padrões que indicam boa qualidade do solo e características intrínsecas do solo e dos subsistemas. Para demonstrar todo o potencial da análise é válido amostrar solos com diferentes características e sistemas de cultivos contrastantes, como já foi demonstrado em outros estudos (GRACIANO, 2018; KOKORNACZYK et al., 2017; PILON, 2017; TRIO MASEDA, 2016), ou mesmo, realizar experimentos com a incubação de solos com adubos e fertilizantes (LIMA, 2018). Ainda assim, a cromatografia de Pfeiffer tem o potencial de integrar os demais indicadores de qualidade do solo em uma única imagem e assim ser um indicador holístico do estado do solo. Em nosso estudo, foi possível destacar diferenças entre os subsistemas, que se relacionaram com a textura do solo e o cultivo.

### 3.6 CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou a sustentabilidade de um sistema de cultivo orgânico diversificado de hortaliças, de longa duração, baseado na fertilização de origem vegetal, em condições da Baixada Fluminense. Para isto, baseou-se na variabilidade agroeconômica, no balanço de nutrientes e nos indicadores de qualidade do solo. Destaca-se que:

- a. A produção total de alimento do ano agrícola 2015 foi de 16.050,10 kg e de 15.379,89 kg no ano de 2016, com sazonalidade ao longo do ano.
- b. Nos anos avaliados, o agroecossistema foi viável financeiramente nos cenários de comercialização para mercados orgânicos e institucionais. Demonstrando que é possível uma família viver, e ter lucro significativo, trabalhando em uma pequena área e utilizando apenas matérias primas vegetais para a fertilização. No cenário de comercialização para o mercado convencional a renda foi suficiente para cobrir os custos de produção.
- c. O balanço parcial global foi positivo para todos os nutrientes, principalmente, devido a produção de biomassa vegetal e ao aporte de composto fermentado. Foi evidenciado que o balanço de nutrientes da produção de biomassa vegetal foi negativo, devido à grande exportação para a manutenção do balanço positivo da produção de hortaliças e frutas. Os indicadores de qualidade do solo também destacaram que a área de produção de biomassa vegetal apresenta menores teores de pH, nutrientes, matéria orgânica e glomalina em comparação a área de produção de hortaliças e frutas.
- d. O teores de K, TOC, FLL e glomalina dos solos diminuíram e depois estabilizaram em toda área, levantando discussões quanto a algumas práticas de manejo, como o revolvimento mecânico do solo e a escolha dos cultivos, e a dificuldade para estabilizar a matéria orgânica em solos arenosos e em ambientes tropicais. Ao mesmo tempo, outras práticas de manejo foram evidenciadas pelo potencial de melhoria da qualidade do solo, como o uso de cobertura vegetal morta, cultivo de adubos verdes e compostos.
- e. A geoestatística foi eficiente em apresentar a variabilidade espacial e temporal dos atributos do solo, contribuiu para o entendimento da dinâmica dos indicadores de qualidade do solo e sua relação com os diferentes cultivos e os usos do solo.
- f. A cromatografia de Pfeiffer foi proposta como um novo método de aferimento da qualidade do solo e integração com os demais indicadores e demonstrou diferenças entre as áreas de produção.

## **4CAPÍTULO II**

### **CARACTERIZAÇÃO E EFICIÊNCIA DE COMPOSTOS FERMENTADOS OBTIDOS A PARTIR DE FONTES VEGETAIS NA PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS EM SISTEMA ORGÂNICO**

## 4.1 RESUMO

A fertilização orgânica e a eficiência de fontes compatíveis com os sistemas ecológicos são determinantes para o sucesso da produção orgânica. Compostos fermentados a partir da mistura de farelos e inoculante microbiano, conhecidos como “bokashi” são alternativas utilizadas por muitos agricultores do mundo. Porém, altos custos de tais matérias-primas podem inviabilizar a produção do composto fermentado. O objetivo foi avaliar a composição química, as vias fermentativas e a comunidade microbiana de compostos fermentados obtidos com matérias primas vegetais, determinara disponibilização de nitrogênio e a eficiência agrônômica destes compostos no cultivo de hortaliças folhosas em sucessão. O composto padrão é composto por 60% de farelo de trigo e 40% de farelo de mamona com matérias primas. As matérias primas substituintes do farelo de trigo foram a casca de café, o resíduo de cervejaria e o capim elefante, e o substituinte do farelo de mamona foi o farelo de gliricídia. Primeiro foi determinada a umidade ideal no preparo dos compostos, em seguida, foram feitos 3 ensaios de incubação substituindo gradativamente (0, 15, 30, 45 e 60% de substitutos) o f. de trigo e com a substituição completa do f. de mamona. Os nutrientes (C, N, P, K, Ca, Mg), pH, condutividade elétrica, as vias fermentativas, a partir dos ácidos orgânicos (lático, acético, propanóico, butírico, etanol), e a comunidade microbiana, por meio da extração e identificação das cadeias 16S foram analisados. Para avaliar a disponibilização de N de todas as formulações, bioensaios em casa de vegetação foram feitos. Por fim, a eficiência agrônômica de 5 compostos foram verificadas em condições de campo, em 4 doses que variaram de 0 a 400 kg N ha<sup>-1</sup>. Os compostos foram incorporados ao solo na fase de pré-transplante de rúcula, sucedida por alface. A umidade ideal dos compostos fermentados foi de 40%, de acordo com a produção de ácido lático. O pH foi em torno de 5,2 no composto padrão e aumentou drasticamente na substituição integralmente de f. trigo por casca de café e capim elefante complementada com farelo de mamona. A substituição por f. gliricídia diminuiu os teores de N, mas manteve o pH estável em todos os compostos. Os teores de N, P e Mg caíram gradualmente com a adição de casca de café e capim elefante, ao contrário dos teores de K, Ca e pH. A adição de resíduo de cervejaria aumentou os teores de N e Ca e manteve estável o pH. O pH teve correlação com os teores de ácido lático, etanol e ácido butírico. Os taxons bacterianos identificados destacaram a diferença entre os compostos com f. mamona e gliricídia, este últimos com maior riqueza e diversidade. Menor diversidade foi aferida no composto padrão, sendo a ordem Lactobacillales dominante e com alta relação com o ácido lático e o teor de P. Em todos os compostos a ordem Lactobacillales foi predominante. As ordens Rhizobiales e Streptosporangiales, que são compostas por espécies fixadoras de N e promotoras de crescimento, e ordens com potencial fitopatogênico foram identificadas nos compostos com f. gliricídia e casca de café. A disponibilização de N do composto padrão foi de aproximadamente 50%. Não foram notadas diferenças entre o composto padrão e os compostos fermentados com f. mamona e resíduo de cervejaria. Houve queda gradual da disponibilização de N com a substituição por casca de café e capim elefante, complementada com f. gliricídia, chegando a 6%. No experimento em condições de campo, a incorporação de compostos fermentados com f. gliricídia promoveu menores produtividades que os compostos com f. mamona. A produtividade de rúcula respondeu linearmente a adição de composto padrão e a maior produtividade de alface foi na dose de 200 kg N ha<sup>-1</sup>. O composto com casca de café e f. mamona foi equivalente ao composto padrão.

Palavras-chave: Fertilização orgânica. Bokashi. Perfil fermentativo. Comunidade bacteriana.

## 4.2 ABSTRACT

Organic fertilization and the efficiency of sources compatible with ecological systems are crucial to the success of organic production. Fermented composts from the mixture of bran and microbial inoculant, known as "bokashi" are alternatives used by many farmers in the world. However, high costs of such raw materials can make the production of the fermented composts impracticable. The objective was to evaluate the chemical composition, fermentative pathways and the microbial community of fermented composts obtained from vegetal origin materials, to determine the availability of nitrogen and the agronomic efficiency of these composts in the cultivation of hardwood vegetables in succession. The standard compost is composed of 60% wheat bran and 40% castor oil meal as raw materials. The wheat bran substitute raw materials were the coffee husk, the brewery residue, and the elephant grass, and the castor bean substitute was the gliricid meal. First, the ideal moisture was determined in the preparation, then 3 incubation assays were performed gradually replacing (0, 15, 30, 45 and 60% substitutes) the wheat bran and the complete substitution of the castor bean meal. The nutrients (C, N, P, K, Ca, Mg), pH, electrical conductivity, fermentative pathways, from organic acids (lactic, acetic, propanoic, butyric, ethanol), and the microbial community, through extraction and identification of the 16S chains, were analyzed. To evaluate the availability of N of all formulations, greenhouse bioassays were made. Finally, the agronomic efficiency of 5 compounds was verified under field conditions in 4 doses ranging from 0 to 400 kg N ha<sup>-1</sup>. The compost was incorporated into the soil in the pre-transplant stage of arugula, succeeded by lettuce. The ideal moisture of the fermented compost was 40%, according to the production of lactic acid. The pH was around 5.2 in the standard compost and increased dramatically in the complete substitution of wheat bran per coffee hull and elephant grass supplemented with castor bean meal. The substitution by Gliricidia meal decreased N levels but kept the pH stable in all compounds. The contents of N, P and Mg fell gradually with the addition of coffee husk and elephant grass, as opposed to K, Ca and pH. The addition of brewery residue increased the N and Ca contents and kept the pH stable. The pH had a correlation with the contents of lactic acid, ethanol, and butyric acid. The bacterial taxons identified highlighted the difference between the compounds with castor bean and gliricidia meal, the latter with greater richness and diversity. Lower diversity was measured in the standard compost, the order Lactobacillales was dominant and with high relation with lactic acid and P content. The orders Rhizobiales and Streptosporangiales, which are composed of N-fixing species and growth promoters, and orders with phytopathogenic potential were identified in the composts with the gliricid meal and coffee husk. N availability of the standard compost was approximately 50%. No differences were noted between the standard compost and the fermented composts with castor bean meal and brewery residue. There was a gradual fall in the availability of N with the substitution for coffee husk and elephant grass, complemented with the gliricid meal, reaching 6%. Under field conditions, the incorporation of fermented composts with gliricidia meal promoted lower yields than the composts with castor meal. The arugula productivity linearly responded to the addition of the standard compost and the highest yield of lettuce was at the dose of 200 kg N ha<sup>-1</sup>. The compost with coffee husk and castor bean meal was equivalent to the standard compost.

Keywords: Organic fertilizer. Bokashi. Fermented pathways. Bacterial community.

### 4.3 INTRODUÇÃO

A preocupação crescente da sociedade com a preservação e a conservação ambiental tem resultado na busca de tecnologias direcionadas à implantação de sistemas de produção agrícola sustentáveis, com enfoques ecológicos, rentáveis e socialmente justos (ASSIS, 2006), e que respondam ao crescimento do consumo atribuído de produtos orgânicos em escala nacional (ORGANIS, 2017) e internacional (FIBL; IFOAM, 2018). Ressalta-se que não há um caminho simples (nem receitas) que concilie a expansão da demanda de alimentos e demais produtos agrícolas com o enfoque agroecológico.

Os solos estão na base do sistema de produção agrícola com enfoque agroecológico. Sem solos de qualidade, não é possível produzir de forma sustentável, o que exige esforços em pesquisa no campo do manejo do solo, da fertilidade do solo e da nutrição mineral de plantas para o desenvolvimento de técnicas orgânicas de cultivo. Dentre estas técnicas, incluem-se àquelas voltadas para a utilização da adubação verde, por meio do cultivo das chamadas plantas de cobertura do solo, e da compostagem (ESPINDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 2005), para a produção de fertilizantes orgânicos que valorizam os resíduos dos próprios sistemas de produção e aproveitam resíduos produzidos no âmbito regional, local e os agroindustriais.

Compostos orgânicos podem ser obtidos por diversos métodos, incluindo os compostos fermentados, conhecidos como “bokashi”, em que o processo é mediado por um “pool” de microrganismos inoculados em um variado número de matérias primas fareladas (HOMMA, 2003; OLIVEIRA, 2015; SCOTTON et al., 2017), que passam por processos de fermentação e que necessitam de pouco tempo para a sua produção, o que facilita a adoção por parte dos agricultores. Os compostos fermentados atendem as demandas dos sistemas orgânicos de produção de hortaliças que requerem a adição de adubos orgânicos com elevados teores e rápida disponibilização de nutrientes (CORDEIRO et al., 2018; FONSECA et al., 2014; SILVA; LANNA; CARDOSO, 2018). Além do fornecimento de nutrientes, com o emprego dos compostos fermentados microrganismos tidos como “regeneradores” são incorporados ao solo, o que proporciona, de forma acelerada, condições favoráveis à proliferação de microrganismos como fungos, bactérias, actinomicetos, micorrizas, fixadores de N (HOMMA, 2003), que contribuem para a disponibilização de nutrientes para as plantas e que para a estabilização dos agregados do solo (GUERRA et al., 2014; LEE, 1994).

Entretanto, as fontes de nutrientes essenciais disponíveis para a formulação destes compostos são escassas e, dependendo da fonte, caras. Portanto, as formulações destes compostos que sejam acessíveis aos agricultores e atendam demandas metabólicas de nutrientes pelas plantas devem ser pesquisadas (MAGRINI et al., 2011). O conhecimento da comunidade bacteriana associada aos compostos pode fornecer informações importantes quanto à presença de fixadores de nitrogênio, promotores de crescimento, decompositores e patogênicos que podem influenciar a qualidade do composto final e os cultivos fertilizados. Além disso, entender os processos fermentativos dos compostos facilita a produção do composto fermentado, a substituição dos materiais para sua fabricação e permite identificar possíveis relações entre diferentes microrganismos presentes, suas vias metabólicas e a disponibilidade de nutrientes do produto final, além de possíveis vantagens e desvantagens dos subprodutos de cada fermentação.

A fermentação que ocorre na elaboração do composto é predominantemente láctica, porém ocorrem, simultaneamente, em pequenas proporções, as fermentações acética, alcoólica, propiônica e butírica (SIQUEIRA; SIQUEIRA, 2013). Até onde é de conhecimento da autora, há relato de apenas um trabalho avaliando as mudanças químicas e dos ácidos

orgânicos ao longo do processo de fermentação de uma formulação tradicional japonesa (YAMADA; XU, 2001). Porém, esta formulação não apresenta semelhanças com as comumente empregadas no Brasil, dentre elas, a mais comumente empregada no estado do Rio de Janeiro que mistura de farelo de trigo e de mamona (proporção de 60:40).

O objetivo da pesquisa foi avaliar matérias primas vegetais com potencial de uso na produção de compostos fermentados. Especificamente objetivou avaliar a composição química (N, P, K, Ca, Mg, pH e condutividade elétrica), as vias fermentativas e a comunidade microbiana presente no composto, determinar a disponibilização de nitrogênio e a eficiência agrônoma destes compostos na produção de hortaliças em sistema orgânico.

## 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.4.1 Preparo e caracterização dos compostos fermentados

A primeira parte deste estudo foi desenvolvida na sede da Embrapa Agrobiologia, em Seropédica/RJ, e constituiu-se do preparo do composto e da montagem de ensaios de incubação para avaliar a composição química e as vias fermentativas de diferentes compostos fermentados obtidos com matérias primas vegetais.

A formulação do composto comumente utilizada no estado do Rio de Janeiro, chamada de composto padrão, consiste na mistura de farelo de trigo (60%) e farelo de mamona (40%), estes ingredientes foram comprados no mercado local. As demais matérias primas foram obtidas na região, como a casca de café, coletada por um cafeicultor da região Noroeste do estado do Rio de Janeiro, município de Porciúncula/RJ; o resíduo de cervejaria que consiste da sobra da cevada, lúpulo e leveduras na panela de produção de cerveja produzida de forma artesanal no município de Petrópolis/RJ; e o capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e a gliricídia (*Gliricidia sepium*) foram cortados, triturados e secos na Fazendinha Agroecológica Km 47. Todas estas matérias primas foram secas em estufa à 65°C, e trituradas em moinho tipo whiley para padronização da textura e armazenados para realização dos ensaios de incubação. Amostras foram retiradas previamente aos ensaios para determinação dos teores de nutrientes presentes em cada matéria prima (Tabela 1).

**Tabela 1.** Teores de nutrientes das matérias primas utilizadas nas formulações dos compostos fermentados.

Matéria prima	Teor de nutrientes nas fontes do composto fermentado					Relação C:N <sup>1</sup>
	N	P	K	Ca	Mg	
Capim elefante	9,16	1,82	8,51	4,31	2,36	45,87
Casca de café	15,97	1,33	16,69	7,24	2,32	26,30
Farelo de trigo	27,15	6,29	8,11	0,79	3,60	15,47
Farelo de mamona	55,00	8,93	13,36	12,40	5,56	7,64
Farelo de gliricídia	35,78	1,78	9,55	17,54	6,55	11,74
Resíduo de cervejaria	34,22	3,79	1,60	0,99	1,57	12,27

<sup>1</sup> Considerando teor de 420 g kg<sup>-1</sup> de carbono em materiais vegetais.

Em um primeiro momento, foram conduzidos ensaios para determinação da umidade ideal para a fabricação do composto e manutenção dos processos fermentativos. No primeiro ensaio de umidade foram testados os níveis de 0, 25, 50, 75 e 100% de saturação com água das formulações. Foram testadas duas formulações, o composto padrão, com 60% farelo de trigo e 40% de mamona, e uma formulação alternativa, com 60% casca de café e 40% de farelo de mamona. No segundo ensaio de umidade foram testados os níveis de 0, 10, 20, 30 e 40% da saturação das mesmas formulações. Após a determinação do pH e dos ácidos orgânicos produzidos nestes dois ensaios tomou-se a decisão de padronizar a umidade das formulações para 40% do nível de saturação de água.

Em um segundo momento foi montado três ensaios com o objetivo de caracterizar compostos fermentados obtidos de diferentes matérias primas. Em cada ensaio um substituinte ao farelo de trigo foi testado. O delineamento experimental foi inteiramente casualizados com três repetições. Disposto em arranjo fatorial 3 x 5 x 2, sendo 3 fontes de substituição do farelo de trigo (casca de café, resíduo de cervejaria e capim elefante), 5 níveis



de substituição (0, 15, 30, 45, 60 % da formulação) e 2 fontes complementares (farelo de mamona ou de gliricídia na proporção de 40 %), totalizando 30 tratamentos, sendo testados 10 tratamentos em cada ensaio(Tabela 2).

**Tabela 2.** Proporções das matérias primas utilizadas para o preparo dos compostos fermentados nos ensaios de incubação.

Tratamento	Resíduo agrícola/agroindustrial (%)													
	Farelo de trigo	Substituto do farelo de trigo <sup>1</sup>	Farelo de mamona	Farelo de gliricídia										
T1(CP) <sup>2</sup>	60	0	40	0										
T2	45	15	40	0										
T3	30	30	40	0										
T4	15	45	40	0										
T5	0	60	40	0										
T6	60	0	0	40										
T7	45	15	0	40										
T8	30	30	0	40 </tr <tr> <td>T9</td> <td>15</td> <td>45</td> <td>0</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>T10</td> <td>0</td> <td>60</td> <td>0</td> <td>40</td> </tr>	T9	15	45	0	40	T10	0	60	0	40
T9	15	45	0	40										
T10	0	60	0	40										

<sup>1</sup>Casca de café, resíduo de cervejaria ou capim elefante. <sup>2</sup>Composto Padrão.

Para instalação dos ensaios, as matérias primas foram misturadas nas devidas proporções, umedecidas, inoculadas com uma mistura de microorganismos presentes no acelerador de compostagem (produto comercial Embiotic<sup>®</sup>) e compactadas em frascos de vidro de 0,25 dm<sup>3</sup> hermeticamente fechados e com membrana para coleta de gases (Figura 1). Os frascos foram incubados por 21 dias em sala com temperatura controlada de 25°C e umidade em torno de 85 a 90%.



**Figura 1.** Preparo do composto fermentado (esquerda) e frascos utilizados dos ensaios de incubação (direita).

Após a abertura dos frascos, foram retiradas duas amostras, a primeira foi seca e moída para determinação dos teores de carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), pH e condutividade elétrica (TEIXEIRA et al., 2017). A segunda amostra foi congelada ainda úmida, posteriormente, fez-se a extração com água destilada na proporção de 1:2 (5g de composto fermentado: 10 mL água destilada), agitação por 30 min. em agitador horizontal. Após este período, toda a parte líquida e alguns sólidos foram transferidos para tubos com tampa e congelados.

As amostras congeladas foram transportadas para a Embrapa Agroindústria de Alimentos (CTAA) onde se procedeu ao preparo das amostras. No momento do preparo, as

amostras foram descongeladas, centrifugadas por 5 min. a 12000 rpm. e filtradas em seringa com filtro millipore-millex de 13 mm de diâmetro e poros de 0,22 µm. O líquido filtrado foi armazenado em microtubos na geladeira até o momento da determinação dos ácidos orgânicos por meio da Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). O equipamento utilizado foi cromatógrafo de bancada Waters composto por módulo autosampler 717 plus, controlador 600 e detector PDA 996. As condições utilizadas foram: detector DAD (210nm), coluna Aminex HPX87-H (300x7,8mm, catalognumber 125-0140, serial number 423131), eluente 5mMol.L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e fluxo 0,6mLmin<sup>-1</sup> a 40 °C. Primeiramente, foram feitas as leituras de padrões de ácido láctico, butílico, propiônico, acético, oxalato, citrato, malato, succinato, metanol e etanol, para cálculos das curvas padrões. Em seguida, foram aferidas a presença e concentração destes ácidos nos compostos fermentados.

Para determinação da comunidade bacteriana foram selecionados 8 compostos fermentados, os mais contrastantes: 1) CP = 60% farelo de trigo + 40% farelo de mamona (TM); 2) 60% f. trigo + 40% farelo de gliricídia (TG); 3) 60% casca de café + 40% f. mamona (CFM); 4) 60% c. café + 40% f. gliricídia (CFG); 5) 60% resíduo de cervejaria + 40% f. mamona (CVM); 6) 60% r. cervejaria + 40% f. gliricídia (CVG); 7) 60% capim elefante + 40% f. mamona (EM) e; 8) 60% c. elefante + 40% f. gliricídia (EG);

A extração de DNA de 0,5 g por amostra de bokashi foi realizada utilizando o kit DNeasyPowerSoil (MolBio Laboratories, Carlsbad, CA, EUA), de acordo com o protocolo do fabricante. A qualidade do DNA foi avaliada por eletroforese em gel de agarose comparada com padrão de massa após eletroforese em gel de agarose 1,0% (m/v), tampão de corrida TAE (tris - ácido acético - EDTA) em voltagem contínua (88 V), posteriormente corado em brometo de etídeo, visualizado em fotodocumentador Kodak Gel Logic 100 Image System e quantificado em espectrofotômetro NanoDrop 1000 (ThermoScientific, Waltham, MA, EUA). A amplificação do gene 16S rRNA de todas as origens foi feita utilizando DNA *barcoding* com uso de primers específicos (515F e 806R) (CAPORASO et al., 2012). Os produtos de PCR (reação em cadeia da polimerase) foram purificados e submetidos à preparação de biblioteca e seqüenciamento com a tecnologia Illumina (MiSeqPaired-End 2 x 150 pb) nas instalações do Argonne National Laboratory (UChicago/EUA).

A separação das seqüências foi realizada no Phyton 2, com base nos “códigos de barra” dos primers e utilizando-se um script escrito na linguagem Python. Posteriormente, estas foram processadas utilizando o algoritmo DADA2 (*Divisive Amplicon Denoising Algorithm 2*) (CALLAHEN et al., 2016), com filtragem de qualidade do comprimento de seqüência em 250 pb. As seqüências foram desreplicadas e, após a remoção dos *singletons*, foi agrupada em ASVs (Amplicon Sequence Variants) e posteriormente atribuída à taxonomia para cada ASV utilizando o classificador ‘*Silva referenced database v132*’. Os pacotes DADA2, decipher e phyloseq foram utilizados em ambiente R.

#### 4.4.2 Disponibilização do nitrogênio pelos compostos orgânicos

A segunda parte deste capítulo constituiu em bioensaio em casa de vegetação para avaliar a disponibilização do nitrogênio contido nos compostos fermentados, usando substrato de areia lavada em vasos e o milheto (*Pennisetum glaucum*) como planta teste. Segundo metodologia adaptada para compostos orgânicos (LEAL et al., 2010) e testada com compostos fermentados (OLIVEIRA et al., 2014a) para avaliar a capacidade de recuperação biológica do N.

O bioensaio obedeceu a delineamento experimental, similar ao delineamento dos ensaios de incubação, em blocos casualizados com três repetições, disposto em arranjo fatorial 3 x 5 x 2, sendo 3 fontes de substituição do farelo de trigo (casca de café, resíduo de

cervejaria e capim elefante), 5 níveis de substituição (0, 15, 30, 45, 60% da formulação) e 2 fontes complementares (farelo de mamona ou gliricídia na proporção de 40 %). Totalizando 30 tratamentos acrescidos de 3 tratamentos controle, areia lavada (absoluto), uréia (positiva sintética) e farelo de mamona (positiva orgânica).

Os compostos fermentados foram produzidos a partir das matérias primas misturadas nas devidas proporções, umedecidas, inoculadas com uma mistura de microorganismos presentes no acelerador de compostagem (produto comercial Embiotic®) e compactadas em frascos de vidro de 0,50 dm<sup>3</sup> hermeticamente fechados. Os frascos foram incubados por 21 dias em sala com temperatura controlada de 25°C e umidade em torno de 85 a 90%.

A parcela experimental foi constituída por vasos com capacidade de 650 mL, contendo coletores para água lixiviada para evitar perdas de nutrientes (Figura 2). As quantidades utilizadas decada composto fermentado foram padronizadas pelo teor de N total, adotando-se a dose de 500 kg N ha<sup>-1</sup>, proporcional a 0,15 g de N vaso<sup>-1</sup>.



**Figura 2.** Visão geral do bioensaio conduzido em casa de vegetação (A) e vasos no máximo desenvolvimento das plantas (B).

Os compostos fermentados foram adicionados à areia lavada, misturados e em seguida, os vasos foram abastecidos. Foram distribuídas 30 sementes de milho em cada vaso, com desbaste aos 9 dias após a semeadura mantendo 15 plantas por vaso.

Aos 7, 14 e 21 dias da semeadura, foram adicionados 50 mL da solução nutritiva de Norris modificada (GRUZMAN; DÖBEREINER, 1968) e isenta de N. As avaliações foram realizadas aos 30 dias pós-semeadura, no estágio de máximo desenvolvimento vegetativo do milho, antes do início da senescência das folhas mais velhas (Figura 2). Seguido da quantificação da biomassa seca do milho (parte aérea + raízes), seu teor de N total e a proporção deste macronutriente recuperado pelas plantas.

Para quantificação da biomassa seca de parte aérea e raízes, as raízes foram cuidadosamente retiradas da areia e lavadas em água corrente, secas e trituradas para análises do teor de N, realizada no laboratório de química agrícola da Embrapa Agrobiologia (NOGUEIRA; SOUZA, 2005). A proporção de N recuperado foi calculada com base na seguinte equação (LEAL et al., 2010):

Proporção do N recuperado (%) =  $(N_{trat} - N_{test}) / N_{ad} \times 100$ , onde:

$N_{trat}$  = N recuperado pelas plantas de milho em cada tratamento;

$N_{test}$  = N contido nas plantas de milho do tratamento controle absoluto (sem incorporação de compostos);

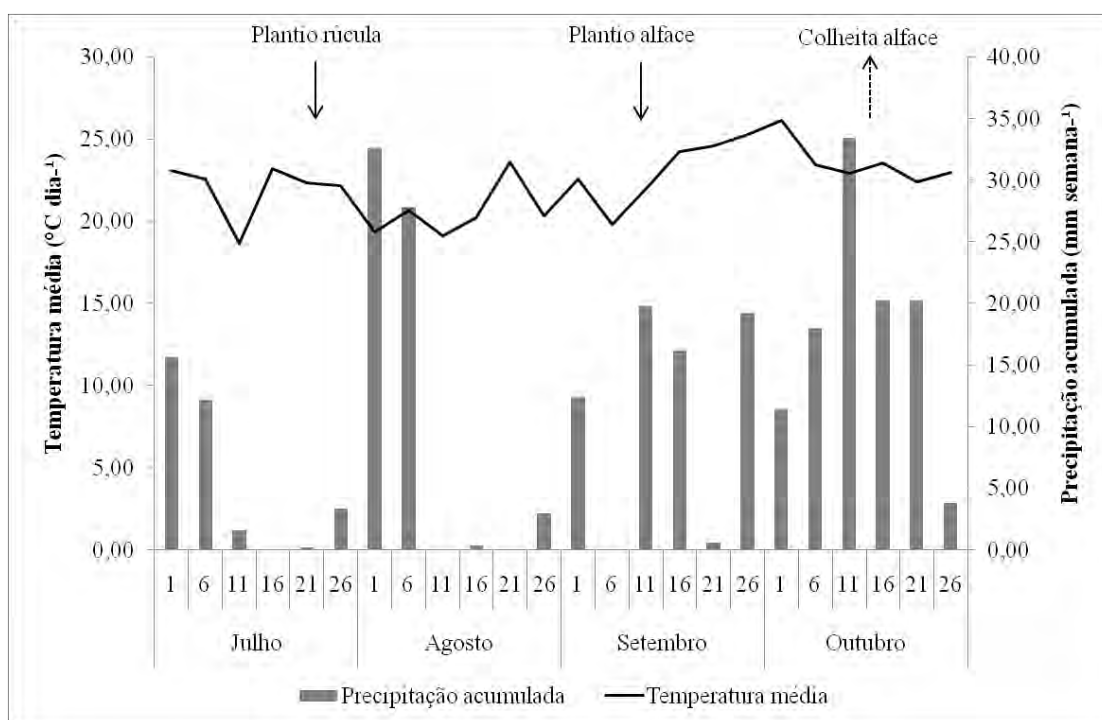
$N_{ad}$  = N adicionado na forma de composto orgânico fermentado.

#### 4.4.3 Eficiência agrônômica de compostos fermentados

A partir dos resultados dos ensaios de incubação, foram selecionadas 5 formulações com resultados promissores nas análises químicas e dos ácidos orgânicos. Estas formulações foram produzidas em maior escala e o efeito agrônômico de sua incorporação no solo no pré-plantio de hortaliças folhosas foi avaliado em condições de campo, na Fazendinha Agroecológica km 47.

A área experimental totalizou 100 m<sup>2</sup>, com quatro canteiros de 25 metros de comprimento, sendo cada canteiro um bloco estatístico. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (DOS SANTOS et al., 2013), cuja análise química (0,0-0,2 m)(EMBRAPA, 1997), forneceu os seguintes resultados: pH em água = 6,20; C=7,80 g kg<sup>-1</sup>, Al<sup>+++</sup> = 0,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>++</sup> = 3,64cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>++</sup> = 1,43cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 106,00 mg dm<sup>-3</sup>; P disponível = 51,50 mg dm<sup>-3</sup> e N = 0,96 g kg<sup>-1</sup>.

O clima da região é do tipo Aw na classificação de Köppen(ALVARES et al., 2013), com verão quente e úmido, onde temperaturas chegam a 40°C e inverno ameno com temperaturas acima de 20°C. O experimento foi conduzido nos meses de julho a outubro de 2018, em que as temperaturas e precipitações permitem o desenvolvimento de hortaliças folhosas. As temperaturas mais baixas ocorreram nos meses de julho e agosto (Figura 3). No mês de setembro as precipitações aumentaram e se mantiveram constantes até meados de outubro, período concomitante ao cultivo da hortaliça em sucessão.



**Figura 3.** Temperatura média e precipitação acumulada nos meses de julho a outubro de 2018 na Fazendinha Agroecológica Km 47.

O experimento foi delineado em blocos ao acaso com quatro repetições, no esquema fatorial incompleto 2 x 2 + 1 x 4, sendo 2 fontes de substituição ao farelo de trigo, 2 fontes complementares, 1 formulação composto padrão e 4 doses de N, totalizando 20 tratamentos e 80 parcelas experimentais de 1 m<sup>2</sup>. As fontes de substituição do farelo de trigo foram a casca de café e o capim elefante. Baseado nos testes anteriores utilizou-se o nível de substituição de 30%. Optou-se por não utilizar o resíduo de cervejaria, pela dificuldade de obtenção do resíduo naquele momento e pelo prosseguimento de estudos outros estudos pelo grupo de

pesquisa. As fontes complementares foram o farelo de mamona e o de gliricídia, na proporção de 40%. As doses de N empregadas foram 0, 100, 200 e 400 kg N ha<sup>-1</sup>. Por meio da composição química das formulações selecionadas para o experimento (Tabela 3), calculou-se a quantidade de composto que foi implementado por parcela e a dose equivalente dos demais nutrientes (Tabela 4).

**Tabela 3.** Teores de N, P, K, Ca e Mg, relação C:N, pH e condutividade elétrica dos compostos fermentados incorporados ao solo para avaliação da eficiência agrônômica no cultivo de hortaliças em sucessão.

Composto fermentado <sup>1</sup>	pH	c. elétrica <sup>2</sup> dSm <sup>-1</sup>	N	P	K g kg <sup>-1</sup>	Ca	Mg	Relação C:N
2- FT+CF+FM	5,53	7,82	2,96	7,20	13,62	6,65	5,13	14,18
3- FT+CF+GL	5,31	4,97	2,79	4,32	15,47	6,24	4,16	15,05
4- FT+EL+FM	5,74	4,96	3,42	5,98	11,33	6,79	5,54	12,27
5- FT+EL+GL	5,20	5,19	2,77	3,70	9,31	7,86	4,18	15,18

<sup>1</sup> Proporção padronizada com base em massa seca; CP (Composto padrão) – 60% farelo de trigo + 40% farelo de mamona; FT – 30% Farelo de trigo; CF – 30% Casca de café; EL – 30% Capim elefante; FM – 40% Farelo de mamona; GL – 40% Farelo de gliricídia.

Os compostos fermentados foram aplicados e incorporados aos 5 cm iniciais do solo, nas parcelas experimentais, com uso de enxada. As quantidades aplicadas entre as formulações em uma mesma dose variaram consideravelmente, devido ao teor de N das formulações. Por exemplo, na formulação 5 foi aplicado 0,4 kg a mais de composto por parcela do que na formulação de composto padrão, um aumento de 20%.

**Tabela 4.** Quantidades e aportes de nutrientes dos compostos fermentados incorporados ao solo para avaliação da eficiência agrônômica no cultivo de hortaliças em sucessão.

Composto fermentado <sup>1</sup>	Quantidade incorporada <sup>2</sup>		Dose de nutrientes <sup>3</sup>				
			N	P	K	Ca	Mg
	kg úmido m <sup>-2</sup>	Mg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>				
1 - CP	0,37	2,84	100,0	24,7	33,4	12,4	16,4
	0,74	5,68	200,0	49,5	66,8	24,8	32,8
	1,48	11,37	400,0	98,9	133,5	49,5	65,6
2 - FT+CF+FM	0,44	3,38	100,0	24,3	46,0	22,4	17,3
	0,88	6,75	200,0	48,6	92,0	44,9	34,6
	1,76	13,51	400,0	97,3	183,9	89,8	69,3
3 - FT+CF+GL	0,47	3,58	100,0	15,5	55,5	22,4	14,9
	0,93	7,17	200,0	31,0	110,9	44,7	29,8
	1,86	14,33	400,0	62,0	221,8	89,5	59,6
4 - FT+EL+FM	0,38	2,92	100,0	17,5	33,1	19,8	16,2
	0,76	5,85	200,0	34,9	66,2	39,7	32,4
	1,52	11,69	400,0	69,9	132,4	79,3	64,7
5 - FT+EL+GL	0,47	3,61	100,0	13,4	33,6	28,4	15,1
	0,94	7,23	200,0	26,7	67,3	56,8	30,2
	1,88	14,45	400,0	53,4	134,6	113,6	60,5

<sup>1</sup> Proporção padronizada com base em massa seca; CP (Composto padrão) – 60% farelo de trigo + 40% farelo de mamona; FT – 30% Farelo de trigo; CF – 30% Casca de café; EL – 30% Capim elefante; FM – 40% Farelo de mamona; GL – 40% Farelo de gliricídia. <sup>2</sup> Composto fermentado incorporado no solo apresentava aproximadamente 30% umidade. <sup>3</sup> N – Nitrogênio; P – Fósforo; K – Potássio; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio.

Além disso, as fontes capim elefante e gliricídia apresentam densidade superior do que as fontes usuais, farelo de trigo e mamona. Em consequência destes fatores, as quantidades adicionadas das formulações 3, 4 e 5 na dose de 400 kg N ha<sup>-1</sup> cobriram a superfície do solo, com camada de aproximadamente 5 cm, mesmo após a incorporação dos compostos.

Amostras de solo (0-15 cm) foram coletadas nas parcelas experimentais em dois momentos: aos sete dias após a incorporação dos compostos fermentados (antecedendo a semeadura de rúcula) e após a colheita da rúcula (antecedendo o transplante da alface em sucessão). Na primeira amostragem avaliou-se a fertilidade do solo (teores de carbono orgânico total - COT, P, K, Ca e Mg). Na segunda amostragem avaliou-se a fertilidade do solo e alguns atributos biológicos (atividade microbiológica total por FDA e carbono e nitrogênio da biomassa microbiana).

As análises de fertilidade e COT foram feitas no Laboratório de Química Agrícola da Embrapa Agrobiologia, conforme procedimentos de rotina (TEIXEIRA et al., 2017). O carbono da biomassa microbiana do solo (C-Biomassa) foi determinado por meio do método da fumigação-extração (VANCE; BROOKES; JENKINSON, 1987). Os procedimentos em laboratório seguiram o protocolo descrito (DE-POLLI; GUERRA, 1999), com a relação solo extrator 1:2,5 (TATE; ROSS; FELTHAM, 1988) e  $K_c=0,33$  (SPARLING; WEST, 1988). O procedimento inicia com a fumigação com adição de clorofórmio (isento de etanol) diretamente nas amostras (BROOKES et al., 1985; WITT et al., 2000), mantendo-as em local escuro por 24 horas, procedeu-se a extração e quantificação do C-biomassa (WALKLEY; BLACK, 1934).

A determinação do nitrogênio da biomassa microbiana do solo (N-biomassa) foi determinada utilizando o método da fumigação-extração, com a relação solo extrator 1:2,5 e  $K_n = 0,54$  (BROOKES et al., 1985). Fez-se a fumigação com adição de clorofórmio (isento de etanol) diretamente nas amostras, mantendo-as em local isento de luminosidade por 24 horas, procedendo-se, a quantificação do nitrogênio microbiano (Kjeldahl), seguida de volumetria de neutralização ácido-base com ácido sulfúrico como titulante (ALVES et al., 1994). A atividade microbiana total foi estimada pelo método da hidrólise de fluoresceína (FDA) (SCHNÜRER; ROSSWALL, 1982). Foram pesados solos, previamente refrigerados, e incubado com 50mL de tampão fosfato de potássio e agitados por 40 min. Subseqüentemente, 0,5g de FDA foram dissolvidas em acetona e foram adicionadas para cada suspensão e novamente incubadas. Após esta segunda incubação, 2 mL do sobrenadante foram transferidos para um tubo decentrifuga e igual volume é adicionado de acetona, para paralisar a reação. Os tubos foram centrifugados por 10 min., seguido da leitura da densidade em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 490 nm.

A rúcula cv. Astro (*Eruca sativa*) foi semeada diretamente sobre os canteiros, no dia 23 de julho de 2018, sete dias após a incorporação dos compostos fermentados. O sistema de irrigação adotado foi gotejamento, foram feitas 3 capinas nos primeiros 20 dias e o raleio aos 15 dias. O espaçamento final foi de 25 cm entre linhas e 5 cm entre plantas, totalizando 80 plantas por parcela. A colheita ocorreu no dia 3 de setembro, 40 dias após a semeadura (Figura 4), foram avaliadas 20 plantas da área útil de cada parcela, aferindo-se o número de folhas por planta, biomassa fresca e seca da parte aérea e das raízes, a área foliar por planta e os teores de macronutrientes dos tecidos foliares.

Para avaliação do efeito residual dos compostos fermentados, foi conduzido o cultivo de alface crespa cv. Vera (*Lactuca sativa*) na sucessão. As parcelas foram capinadas e niveladas. Aos 10 dias após a colheita da rúcula efetuou-se o transplante das mudas de alface, no espaçamento de 30 x 20 cm, totalizando 15 plantas por parcela. Foram replantadas mudas durante os 7 dias iniciais e feitas 2 capinas. A colheita da alface foi realizada aos 40 dias após o transplante, no dia 10 de outubro. Aferindo-se em 3 plantas da área útil de cada parcela, o número de folhas por planta, com mais de 5 cm de comprimento, a biomassa fresca e seca da

parte aéreacollida, a área foliar (medidor Licor Equipamentos, modelo LI-3100) por planta e os teores de macronutrientes nos tecidos foliares.



**Figura 4.** Vista geral do experimento de eficiência agrônômica de doses crescentes de compostos fermentados no cultivo orgânico de rúcula (A) e alface crespa (B).

#### 4.4.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade de variância dos erros. Atendidas as pressuposições requeridas, as análises de variâncias, com significância aferida através do teste de Scott-knott ( $p \leq 0,05$ ) e análises de regressão simples, utilizando o software SISVAR<sup>®</sup> foram realizadas. O índice de correlação de Pearson ( $p \leq 0,05$ ) foi calculado pelo suplemento de Excel Action<sup>®</sup>. Na análise da caracterização química e dos ácidos orgânicos dos testes de incubação e a disponibilização de nitrogênio do bioensaio o desdobramento foi em fatorial completo de  $3 \times 5 \times 2$ , sendo 3 fontes de substituição ao farelo de trigo, 5 níveis de substituição e 2 fontes complementares, totalizando 30 tratamentos. No experimento de campo o desdobramento foi em fatorial de  $2 \times 2 + 1 \times 4$ , sendo 2 fontes de substituição ao farelo de trigo, 2 fontes complementares, 1 formulação de composto padrão e 4 doses de N. As análises de regressão foram procedidas para as fontes de variação quantitativas, níveis de substituição e doses de N.

Pela complexidade dos resultados do seqüenciamento genético bacteriano técnicas de estatística multivariada foram utilizadas. As abundâncias relativas estimadas pela normalização da soma total dos quadrados (*TSS*) foram transformadas pela raiz quadrada para obter o equivalente à transformação de Hellinger (LEGRENDE; BIRKS, 2012). Amostras com menos de 1000 seqüências foram filtradas, bem como removidos os *taxa* com abundância relativa igual ou menor que 0,01%. Seqüências de cloroplasto e Cyanobacteria foram incluídas somente para a visualização das abundâncias por formulação de bokashi, sendo removidas para as demais análises. A dissimilaridade entre as formulações foi medida por Bray-Curtis a nível hierárquico de ordem. Os dados foram submetidos à análise de componentes principais (PCA) a fim de ordenar as formulações de bokashi e visualizar possíveis agrupamentos entre estas e entre as diferentes fontes de C e N. A análise discriminante por quadrados mínimos parciais esparsos (sPLS-DA; pacote R ‘mixOmics’) foi utilizada para confirmar a distinção da comunidade de bactérias pelo pressuposto anterior. O mapa de correlação (*heatmap*) entre características químicas (ácidos orgânicos, pH e macronutrientes) e as comunidades microbianas foram construídas pelo ranque de coeficientes de Spearman. As análises de riqueza, correlação, agrupamento e índice de diversidade de Shannon foram feitas na plataforma Calypso 8.84 (<http://cgenome.net/calypso/>) (ZAKRZEWSKI et al., 2016). Análises de variância (ANOVA) entre pares foram realizadas pelo software STAMP (Statistical Analysis of Metagenomic Profiles) (PARKS; BEIKO, 2010).

## 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.5.1 Teste de umidade

No primeiro ensaio para avaliação da umidade constatou que os maiores teores de umidade desfavoreceram a fermentação controlada, que resultou, com apenas três dias de incubação, na ruptura da membrana dos frascos e extravasamento dos compostos fermentados (Figura 5). Estes compostos exalaram forte odor de metano e outros compostos fétidos. Possivelmente outro metabolismo foi priorizado, como a fermentação butírica ou um processo anaeróbico de respiração, com a produção de gases expansivos.



**Figura 5.** Ruptura da membrana dos frascos de incubação de compostos fermentados no primeiro ensaio de umidade.

Houve o rompimento da membrana nos frascos com 100%, 75% e 50% de saturação de água na formulação com farelo de trigo e de mamona (composto padrão) e na formulação com casca de café e farelo de mamona os frascos com 100% e 75% de saturação de água. Ou seja, houve o rompimento da membrana com o excesso de água no processo fermentativo controlado.

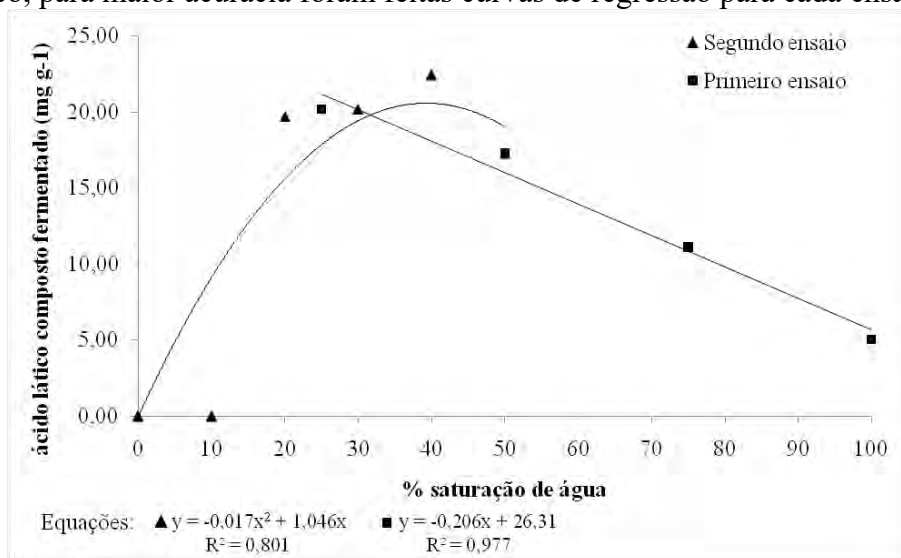
No segundo teste de umidade, em que foram testadas as umidades de 0, 10, 20, 30 e 40% de saturação, não houve a ocorrência de ruptura da membrana dos frascos, o que corrobora a idéia de que menores teores de umidade são mais favoráveis à fermentação destes compostos. O período de incubação alcançou o tempo padrão de 21 dias para todos os compostos. No primeiro e segundo ensaio foram identificados, em ordem de predominância: ácido láctico, metanol, ácido acético, ácido propanóico, etanol e ácido fórmico. A partir da saturação de 20% houve ocorrência do ácido láctico, sempre em maiores concentrações que os demais ácidos, como esperado (YAMADA; XU, 2001).

O ácido láctico é o principal produto do processo fermentativo das bactérias do ácido láctico, apesar de outros produtos também serem gerados por estas bactérias como o ácido acético, etanol e  $\text{CO}_2$  (PAHLOW et al., 2003). Em um processo análogo ao que ocorre no composto fermentado e que também utiliza matérias primas de origem vegetal, no processo fermentativo da silagem, as bactérias lácticas são essenciais para que o processo ocorra de forma desejada (HOLZER et al., 2003), sendo o uso de inoculantes de bactérias lácticas preconizados para garantir que a fermentação ocorra de maneira desejada (MACÊDO et al., 2017). Pela fermentação anaeróbica, as bactérias lácticas convertem amidos e açúcares simples de plantas, como glicose e frutose, em ácido láctico. O primeiro efeito do ácido láctico, considerado um ácido forte, é baixar o pH e favorecer o crescimento de microrganismos mais tolerantes ao meio ácido, como as próprias bactérias lácticas. Em seguida, o meio torna-se ainda mais ácido inibindo o próprio crescimento das bactérias lácticas, resultando em um material



estável que pode ser armazenado anaerobicamente até o momento desejado (ROOKE; HATFIELD, 2003). A concentração deste ácido é um dentre vários indicativos que apontam que uma silagem apresenta-se bem fermentada (MUCK, 2010). Ao final do processo, tanto a silagem quanto o composto fermentado, tem pH em torno de 4 a 5.

Devido à importância geral das bactérias lácticas para o processo fermentativo e pelo ácido láctico ser um indicativo de que o processo fermentativo está ocorrendo de forma desejada, considerou-se sua concentração como um padrão de qualidade. Assim, a definição da umidade ideal para a preparo do composto fermentado baseou-se na maior concentração de ácido láctico, para maior acurácia foram feitas curvas de regressão para cada ensaio (Figura 6).



**Figura 6.** Curvas de regressão do teor de ácido láctico dos compostos fermentados em dois ensaios para o teste de umidade.

No primeiro ensaio observou-se decréscimo linear da concentração de ácido láctico. No segundo ensaio a curva quadrática melhor se ajustou à distribuição do ácido láctico, com ponto de máxima aos 38,7% de saturação por água. Tomou-se este valor aproximado como o mais indicado para a preparação do composto fermentado, padronizando para 40% de saturação de água todos os demais ensaios.

#### 4.5.2 Substituição gradual do farelo de trigo por casca de café

No primeiro ensaio de incubação, a casca de café substituiu gradualmente o farelo de trigo, complementada por farelo de mamona ou de gliricídia. O pH do composto padrão foi de 5,21, este elevou-se levemente com a adição de 15, 30 e 45% de casca de café, porém com a completa substituição do farelo de trigo (60% casca de café) observou-se aumento drástico do pH na ordem de 44% em relação ao composto padrão (Tabela 5). O pH básico notado neste composto pode ser indicativo de que o processo fermentativo não ocorreu como desejado, contrariando o recomendado (TOMICH et al., 2003). Uma vez que a produção de ácidos promove a acidificação do meio, o abaixamento do pH e a inibição do desenvolvimento de microrganismos indesejáveis como clostrídios, enterobactérias, fungos filamentosos e leveduras (DANNER et al., 2013).

Nos compostos fermentados com farelo de gliricídia houve aumento do pH a medida que a casca de café era adicionada, mas ao contrário dos com farelo de mamona, o pH manteve-se ácido mesmo na substituição completa (Tabela 5). Um dos possíveis fatores para este fenômeno é a capacidade tampão, que é considerada como a resistência que a biomassa possui em relação à elevação e o abaixamento do pH do meio. A capacidade tampão pode

variar entre plantas em função de várias características como teor de nitrogênio, sais minerais, ácidos orgânicos, carboidratos solúveis dentre outras características (MACÊDO et al., 2017).

**Tabela 5.** pH, condutividade elétrica e teores de nutrientes em formulações de compostos fermentados a partir de níveis de substituição de farelo de trigo por casca de café, complementado por farelo de mamona ou farelo de gliricídia.

Fonte complementar <sup>1</sup>	Proporção de casca de café (%) <sup>2</sup>					Média
	0	15	30	45	60	
<b>pH</b>						
F. mamona	5,21 aA <sup>3</sup>	5,47 bA	5,53 bA	5,76 cA	<b>7,51</b> dA	5,50 A
F. gliricídia	5,19 aA	5,20 aB	5,31 aB	5,45 bB	5,62 cB	5,26 B
Média	5,20 a	5,34 b	5,42 b	5,61 c	6,57 d	
C.V. (%)	1,83					
<b>Condutividade elétrica (dSm<sup>-1</sup>)</b>						
F. mamona	6,30 bA	7,23 aA	7,82 aA	6,87 bA	6,17 cA	6,59 A
F. gliricídia	5,74 aB	5,63 aB	4,97 cB	5,27 bB	4,68 cB	5,12 B
Média	6,02 b	6,43 a	6,40 a	6,07 b	5,43 c	
C.V. (%)	8,25					
<b>Nitrogênio (g kg<sup>-1</sup>)</b>						
F. mamona	35,20 aA	32,95 aA	29,61 bA	29,42 bA	26,92 bA	30,82 A
F. gliricídia	26,73 aB	26,34 aB	27,90 aA	24,61 bB	22,92 bB	25,70 B
Média	30,97 a	29,65 a	28,76 a	27,02 b	24,32 b	
C.V. (%)	5,61					
<b>Fósforo (g kg<sup>-1</sup>)</b>						
F. mamona	8,70 aA	7,42 bA	7,20 bA	5,22 cA	3,35 dA	6,21 A
F. gliricídia	9,22 aA	7,12 bA	4,32 cB	2,77 dB	1,59 eB	3,55 B
Média	8,96 a	7,27 b	5,76 c	3,99 d	2,47 e	
C.V. (%)	12,15					
<b>Potássio (g kg<sup>-1</sup>)</b>						
F. mamona	11,75 bA	11,97 bA	13,62 aA	12,42 bB	14,66 aA	12,20 B
F. gliricídia	7,56 cA	12,46 bB	15,47 aA	13,96 aA	14,38 aA	13,21 A
Média	9,65 c	12,22 b	14,55 a	13,19 b	14,52 a	
C.V. (%)	8,10					
<b>Cálcio (g kg<sup>-1</sup>)</b>						
F. mamona	4,36 bB	4,99 bA	6,65 aA	6,37 aA	6,55 aB	5,68 B
F. gliricídia	5,91 bA	5,56 bA	6,24 bA	6,78 aA	7,29 aA	6,08 A
Média	5,14 b	5,27 b	6,45 a	6,58 a	6,92 a	
C.V. (%)	6,29					
<b>Magnésio (g kg<sup>-1</sup>)</b>						
F. mamona	5,77 aA	5,11 aA	5,13 bA	5,04 bA	3,88 cA	5,08 A
F. gliricídia	4,31 aB	4,80 aA	4,16 aB	3,78 bB	3,25 bA	3,97 B
Média	5,04 a	4,96 a	4,64 a	4,41 b	3,57 c	
C.V. (%)	9,85					

<sup>1</sup> Fonte complementar na proporção de 40% da formulação; F. mamona = Farelo de mamona; F. gliricídia = Farelo de gliricídia. <sup>2</sup> Proporção de casca de café em substituição ao farelo de trigo somando 60% da formulação.

<sup>3</sup> Letras maiúsculas comparam linhas e minúsculas colunas, no teste de Scott-knott (p<0,05).

Para que o processo de fermentação de silagem ocorra satisfatoriamente, recomenda-se o uso de plantas com baixa capacidade tampão, para que a queda do pH ocorra rapidamente

(MCDONALD, 1981). Plantas de leguminosas são caracterizadas por apresentarem baixo teor de matéria seca e de carboidratos solúveis em água e alta capacidade tampão (ROSA, 2014).

A condutividade elétrica foi inferior nos compostos com farelo de gliricídia em comparação aos com farelo de mamona. Esta característica está intimamente relacionada à quantidade de sais solúveis presentes nos compostos fermentados, principalmente aqueles com maior mobilidade como K e N. Um indicativo de que os compostos fermentados com farelo de mamona disponibilizam em solução mais facilmente os sais para solução do solo.

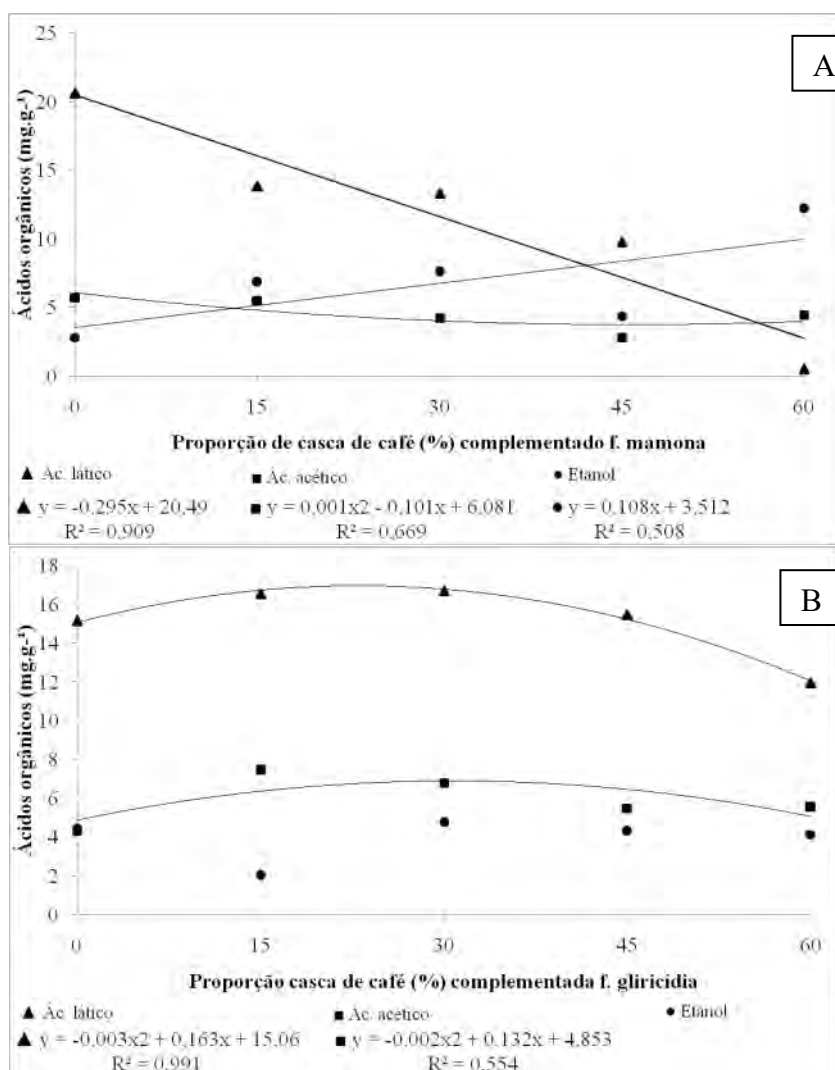
O aumento da proporção da casca de café nos compostos fermentados proporcionou a diminuição gradual dos teores de N, P e Mg e o aumento de K e Ca. O teor de N diminuiu 24% do CFAP para a proporção de 60% de casca de café (substituição completa do farelo de trigo) e complementada com farelo de trigo, o que resultou no aumento da relação C:N de 11,4 para 14,9. Quando complementada pelo farelo de gliricídia, o teor de N caiu 14% e a relação C:N foi de 14,9 na formulação com 60% de farelo de trigo para 17,5 na formulação com 60% de casca de café. A relação C:N foi estimada a partir do teor de N e da padronização do teor de carbono (C) em  $400 \text{ g kg}^{-1}$  para todas os compostos vegetais, pois os resultados de C não estavam disponíveis até a finalização desta tese. Este teor de C baseou-se em resultados de tecido vegetal de outros experimentos.

Quando complementado com farelo de mamona, o incremento de K foi de 25% do composto padrão para a proporção de 60% de casca de café. Quando complementado com farelo de gliricídia, o incremento de K foi na ordem de 90% com a proporção de 60% de casca de café, e com a proporção de 30% de casca de café no composto fermentado houve incremento de 105% no teor de K. Efetivamente, não houve diferenças significativas nos teores de K entre a proporção de 30% ou 60% de casca de café. Este incremento em K era esperado uma vez que a casca de café concentra teor de K superior ao de farelo de trigo, na ordem de 49%. Além disto, elevar a concentração de K dos compostos fermentados foi um dos objetivos do uso da casca de café, pois hortaliças exportam grandes quantidades de K e o balanço negativo foi evidenciado no Módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças (Capítulo 1).

Os principais ácidos orgânicos mensurados nos compostos fermentados foram os ácidos láctico, acético, propanóico, butírico e o etanol (Figura 7). O ácido propanóico ocorreu apenas nos compostos complementados com farelo de mamona, com concentração similar de aproximadamente  $5,6 \text{ mg g}^{-1}$ , e não foi apresentado graficamente. O ácido butírico ocorreu apenas no composto fermentado com 60% de casca de café e 40% de farelo de mamona, na concentração de  $9,57 \text{ mg g}^{-1}$ . O ácido butírico pode ser um indicativo da presença de bactérias patogênicas do gênero *Clostridium* e a produção deste ácido ocorre quando as bactérias lácticas não são eficientes na produção de ácido láctico e, conseqüentemente, na redução do pH (MUCK, 2010). Nos compostos fermentados complementados por farelo de mamona, o aumento da proporção de casca de café resultou em equação linear decrescente para o ácido láctico e crescente para o etanol (Figura 7-A). A alteração mais pronunciada foi nos teores de ácido láctico, que foram de  $20,7 \text{ mg g}^{-1}$  no composto padrão para  $0,5 \text{ mg g}^{-1}$  no composto com 60% de casca de café. A equação polinomial quadrática ajustou-se ao teor de ácido acético, com pequena variação entre os compostos fermentados.

Nos compostos fermentados complementados com farelo de gliricídia, melhores ajustes, quanto aos teores de ácido láctico e acético, foram obtidos pela equação polinomial quadrática (Figura 7 - B). Destaca-se que os teores de ácido láctico dos compostos com 0, 15, 30 e 45% de casca de café foram muito similares entre si (aproximadamente  $16 \text{ mg g}^{-1}$ ), a queda mais pronunciada foi observada na substituição plena do farelo de trigo pela casca de café ( $11,9 \text{ mg g}^{-1}$ ). O composto padrão foi o único com maior teor de ácido láctico do que os compostos fermentados complementados com farelo de gliricídia. Além disso, os teores de

ácido acético nos compostos com farelo de gliricídia foram superiores a aqueles com farelo de mamona. Os teores de etanol não se ajustaram a um modelo de regressão.



**Figura 7.** Curvas de regressão dos ácidos orgânicos dos compostos fermentados preparados pela substituição gradual do farelo de trigo por casca de café complementado com farelo de mamona (A) ou farelo de gliricídia (B).

Aparentemente, algum componente do farelo de gliricídia atua como substrato para as bactérias lácticas, assim, manteve a produção de ácido láctico e o pH ácido do composto, mesmo sem a presença do farelo de trigo. O mesmo não foi observado nos compostos com farelo de mamona, em que a ausência de farelo de trigo resultou em produção praticamente nula de ácido láctico e elevação do pH.

A matriz de correlação de Pearson enfatizou significativamente a relação entre as características químicas e os ácidos orgânicos mensurados nos compostos fermentados complementados com farelo de mamona (Tabela 6) ou farelo de gliricídia (Tabela 7). Nos compostos fermentados com farelo de mamona, o pH se correlacionou negativamente com P, Mg e ácido láctico, o que era esperado, pois este ácido forte produzido pelas bactérias lácticas atua acidificando o composto fermentado (YAMADA; XU, 2001). Houve correlação positiva entre pH, K, Ca, etanol e ácido butírico. Este ácido foi mensurado em apenas um composto fermentado, o mesmo em que foi aferido pH alcalino e teor praticamente nulo de ácido láctico. Indicando que os microrganismos que produzem ácido láctico em seu metabolismo são

possivelmente antagônicos aos produtores de ácido butírico(MCDONALD, 1981). Em adendo, o ácido láctico se correlacionou positivamente com o ácido acético e negativa com etanol e ácido butírico (Tabela 6).

**Tabela 6.** Matriz de correlação de Pearson dos nutrientes e ácidos orgânicos dos compostos fermentados preparados pela substituição gradual do farelo de trigo por casca de café complementado com farelo de mamona.

	pH	N <sup>2</sup>	P	K	Ca	Mg	Ác. lat.	Ác. acé.	Etanol	Ác. but.	Ác. pro.
pH	<b>1,00<sup>1</sup></b>										
N	-0,34	<b>1,00</b>									
P	<b>-0,87</b>	0,25	<b>1,00</b>								
K	<b>0,72</b>	-0,30	<b>-0,64</b>	<b>1,00</b>							
Ca	<b>0,53</b>	-0,22	<b>-0,65</b>	<b>0,59</b>	<b>1,00</b>						
Mg	<b>-0,82</b>	0,15	<b>0,81</b>	<b>-0,54</b>	-0,32	<b>1,00</b>					
Ác. Lát.	<b>-0,91</b>	0,23	<b>0,96</b>	<b>-0,70</b>	<b>-0,67</b>	<b>0,85</b>	<b>1,00</b>				
Ác. Acé.	-0,22	0,07	<b>0,60</b>	-0,24	<b>-0,65</b>	0,29	<b>0,52</b>	<b>1,00</b>			
Etanol	<b>0,81</b>	-0,44	<b>-0,62</b>	<b>0,72</b>	<b>0,53</b>	<b>-0,58</b>	<b>-0,75</b>	0,01	<b>1,00</b>		
Ác. But.	<b>0,95</b>	-0,25	<b>-0,73</b>	<b>0,58</b>	0,43	<b>-0,71</b>	<b>-0,80</b>	-0,05	<b>0,76</b>	<b>1,00</b>	
Ác. Prop.	-0,34	0,26	0,20	-0,08	0,24	0,32	0,10	-0,11	0,09	-0,40	<b>1,00</b>

<sup>1</sup> Valores em negrito foram significativos (p valor<0,01). <sup>2</sup> N-Nitrogênio; P-Fósforo; K-Potássio; Ca-Cálcio; Mg-Magnésio; Ác. lat.-Ácido láctico; Ác. acé.-Ácido acético; Ác. but.-Ácido butírico; Ác. pro.- Ácido propanóico.

O ácido láctico e acético fazem parte da mesma via fermentativa, são produtos do metabolismo das bactérias lácticas, que podem converterem ácido láctico em acético, a depender das condições do meio e da espécie de bactérias lácticas(ELFERINK et al., 2001; ROOKE; HATFIELD, 2003).

**Tabela 7.**Matriz de correlação de Pearson dos nutrientes e ácidos orgânicos dos compostos fermentados preparados pela substituição gradual do farelo de trigo por casca de café complementado com farelo de gliricídia.

	pH	N <sup>2</sup>	P	K	Ca	Mg	Ác. lat.	Ác. acé.	Etanol	Ác. but.	Ác. pro.
pH	<b>1,00<sup>1</sup></b>										
N	-0,30	<b>1,00</b>									
P	<b>-0,76</b>	0,29	<b>1,00</b>								
K	0,42	0,07	<b>-0,81</b>	<b>1,00</b>							
Ca	<b>0,52</b>	-0,13	<b>-0,67</b>	0,39	<b>1,00</b>						
Mg	<b>-0,73</b>	0,44	<b>0,70</b>	-0,25	<b>-0,63</b>	<b>1,00</b>					
Ác. Lát.	-0,13	0,42	-0,16	0,41	0,06	0,12	<b>1,00</b>				
Ác. Acé.	-0,07	<b>0,57</b>	-0,04	0,40	-0,14	0,28	0,39	<b>1,00</b>			
Etanol	0,23	-0,48	-0,29	0,14	0,20	-0,37	0,24	-0,46	<b>1,00</b>		
Ác. But.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	<b>1,00</b>	
Ác. Pro.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	<b>1,00</b>

<sup>1</sup> Valores em negrito foram significativos (p valor<0,01). <sup>2</sup> N-Nitrogênio; P-Fósforo; K-Potássio; Ca-Cálcio; Mg-Magnésio; Ác. lat.-Ácido láctico; Ác. acé.-Ácido acético; Ác. but.-Ácido butírico; Ác. pro.- Ácido propanóico.

Apesar da predominância de ácido láctico como produto do metabolismo fermentativo dos compostos fermentados, assim como da silagem, a presença de ácido acético não é considerada negativa. Este ácido contribui com a conservação dos materiais vegetais, inclusive após a abertura do sistema, quando condições aeróbicas aumentam as perdas gasosas

e permitem que outros microrganismos (principalmente fungos e leveduras) iniciem transformações indesejadas nos materiais (DANNER et al., 2013), o ácido acético apresenta ação fungicida inibindo a população de fungos e aumentando a estabilidade aeróbica (KLEINSCHIMIT; KUNG JR., 2001).

Nos compostos fermentados complementados com farelo de gliricídia o pH se correlacionou negativamente com os teores de P e Mg e positivamente com Ca. A única correlação envolvendo um ácido orgânico ocorreu entre os teores de ácido acético e de N, indicando uma possível resposta ao aumento da relação C:N dos compostos fermentados. O menor número de correlações significativas nos compostos com farelo de gliricídia podem ser explicadas pela baixa variação nos valores de pH, nutrientes e ácidos, quando comparado com os compostos com farelo de mamona (Tabela 7).

Com todos estes resultados é possível inferir que o único composto fermentado sem resultados satisfatórios em relação ao pH, nutrientes e ao perfil fermentativo foi o preparado a partir de 60% de casca de café e 40% de farelo de mamona. Vale destacar que a formulação com 30% de farelo de trigo, 30% de casca de café e 40% de farelo de mamona conciliou o aumento significativo de K e Ca, sem grande diminuição de P e N e garantiu que a fermentação ocorresse da forma desejada.

#### **4.5.3 Substituição do farelo de trigo por resíduo de cervejaria**

No segundo ensaio de incubação, o resíduo de cervejaria substituiu gradualmente o farelo de trigo, complementado por farelo de mamona ou de gliricídia. Houve interação significativa entre o fator fonte complementar e o fator proporção de resíduo de cervejaria para todos os nutrientes, pH e condutividade elétrica (Tabela 8).

Quando complementado por farelo de mamona, foi observado leve incremento nos valores de pH (5%) a medida que a proporção de resíduo de cervejaria aumentava, mas ao contrário do que ocorreu com a adição da casca de café, todos os compostos fermentados mantiveram o pH ácido (Tabela 8). Em contraponto, quando complementado com farelo de gliricídia o pH diminuiu levemente (4,5%), resultando em compostos fermentados mais ácidos que o composto padrão. Independente da fonte complementar, os valores de condutividade elétrica diminuíram à medida que a proporção de resíduo de cervejaria aumentou, possivelmente relacionado à queda dos teores de K e Mg.

Houve incremento no teor de nitrogênio à medida que a proporção de resíduo de cervejaria aumentava, na ordem de 23,5% e 28%, quando complementada por farelo de mamona ou farelo de gliricídia, respectivamente. Com isto a relação C:N caiu de 10,47 no composto padrão para 8,48 na proporção de 60% de resíduo de cervejaria (substituição completa do farelo de trigo). Vale destacar que materiais humificados como o vermicomposto e compostos feitos com esterco animal apresentam as relações C:N próximos à 8, compostos fermentados tendem a apresentar aproximadamente a relação C:N de 14 (EPELDE et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2014a; YAMADA; XU, 2001). A relação C:N é um dos fatores que governam a disponibilização de N e outros nutrientes de adubos verdes e coberturas vegetais (GUERRA et al., 2014) e compostos orgânicos (LEAL et al., 2010) e pode estar relacionada com as vias fermentativas dos compostos fermentados.

Nos compostos com farelo de gliricídia não foram observadas variações significativas nos teores de Ca e Mg. Já o teor de K diminuiu com a adição de resíduo de cervejaria, ao contrário do observado com a adição de casca de café. A composição química da cevada varia de acordo com a variedade, momento da colheita, processo de maltação e maceração e qualidade e tipo de componentes adicionados no processo de fabricação da cerveja (SANTOS et al., 2003).

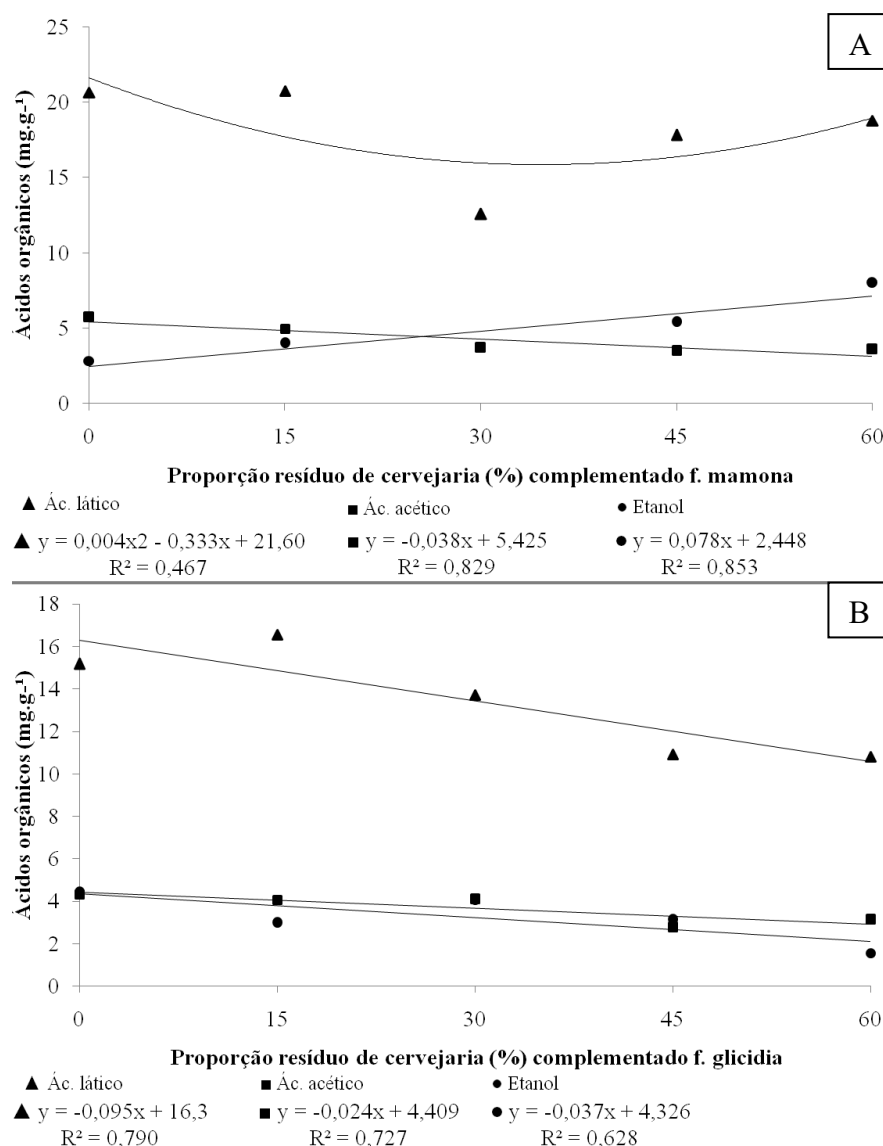
Em geral, os grãos de cevada são considerados materiais com predominância de lignina e celulose, ricos em proteína e fibra, com aproximadamente 20% e 70% em sua composição, respectivamente (MUSSATTO; DRAGONE; ROBERTO, 2006). Segundo estes autores o amido da cevada é removido durante a maceração. Os elementos químicos como Ca, Mg, P, K, ferro, cobre, selênio, sódio, manganês estão em concentrações abaixo de 0,5% (MUSSATTO; DRAGONE; ROBERTO, 2006; POMERANZ; DIKEMAN, 1976).

**Tabela 8.** pH, condutividade elétrica e teores de nutrientes em formulações de compostos fermentados a partir da substituição gradual de farelo de trigo por resíduo de cervejaria complementado por farelo de mamona ou farelo de gliricídia.

Fonte complementar <sup>1</sup>	Proporção resíduo de cervejaria (%) <sup>2</sup>					Média
	0	15	30	45	60	
<b>pH</b>						
F. mamona	5,21 bA <sup>3</sup>	5,38 aA	5,39 aA	5,36 aA	5,52 aA	5,37 A
F. gliricídia	5,19 aA	5,29 aA	5,15 aB	5,09 bB	4,96 bB	5,12 B
Média	5,20 a	5,34 a	5,27 a	5,23 a	5,24 a	
C.V. (%)	1,83					
<b>Condutividade elétrica (dSm<sup>-1</sup>)</b>						
F. mamona	6,30 aA	5,85 bA	6,01 bA	5,29 cA	4,21 dA	5,57 A
F. gliricídia	5,74 aB	4,95 bB	4,97 bA	4,82 bB	4,17 cA	4,89 B
Média	6,02 a	5,40 b	5,49 b	5,06 b	4,19 c	
C.V. (%)	8,25					
<b>Nitrogênio (g kg<sup>-1</sup>)</b>						
F. mamona	38,21 cA	36,51 cA	42,36 bA	43,53 bA	47,17 aA	41,56 A
F. gliricídia	26,73 cB	29,94 Bb	32,63 aB	34,59 aB	34,32 aB	31,64 B
Média	32,47 c	33,22 c	37,50 b	39,06 b	40,75 a	
C.V. (%)	5,61					
<b>Fósforo (g kg<sup>-1</sup>)</b>						
F. mamona	7,93 bB	7,16 bA	8,59 aA	6,12 bA	7,22 bA	7,19 A
F. gliricídia	9,22 aA	6,29 bA	4,53 cB	3,37 dB	4,23 cB	4,38 B
Média	8,58 a	6,72 b	6,56 b	4,75 c	5,73 c	
C.V. (%)	12,15					
<b>Potássio (g kg<sup>-1</sup>)</b>						
F. mamona	11,59 bA	13,31 aA	11,37 bA	4,07 cA	5,46 cB	8,42 A
F. gliricídia	7,56 cB	11,39 aB	9,67 bB	7,34 cB	6,38 cA	7,45 B
Média	9,58 b	12,35 a	10,52 b	5,71 c	5,92 c	
C.V. (%)	8,10					
<b>Cálcio (g kg<sup>-1</sup>)</b>						
F. mamona	5,88 aA	5,05 bB	4,67 bB	5,54 aB	5,86 aB	5,29 B
F. gliricídia	5,91 bA	6,61 aA	6,68 aA	6,77 aA	6,99 aA	6,65 A
Média	5,90 b	5,83 b	5,68 b	6,15 a	6,42 a	
C.V. (%)	6,29					
<b>Magnésio (g kg<sup>-1</sup>)</b>						
F. mamona	4,37 aA	4,24 aA	3,93 aA	3,02 bA	3,59 bA	3,76 A
F. gliricídia	4,31 aA	4,80 aA	4,39 aA	3,68 aA	4,14 aA	4,23 B
Média	4,34 a	4,52 a	4,16 a	3,35 b	3,87 b	
C.V. (%)	9,85					

<sup>1</sup> Fonte complementar na proporção de 40% da formulação; F. mamona = Farelo de mamona; F. gliricídia = Farelo de gliricídia. <sup>2</sup> Proporção de resíduo de cervejaria em substituição ao farelo de trigo somando 60% da formulação. <sup>3</sup> Letras maiúsculas comparam linhas e minúsculas colunas, no teste de Scott-knott (p<0,05).

Os ácidos orgânicos mensurados foram o láctico, acético, etanol, propanóico e butírico, em ordem de concentração, respectivamente (Figura 8). O ácido propanóico foi observado em apenas em dois compostos fermentados, com 45% e 60% de resíduo de cervejaria complementado com farelo de mamona, com teor de 5 mg g<sup>-1</sup> e 3,7 mg g<sup>-1</sup> respectivamente. O ácido butírico foi detectado apenas no composto com 60% de resíduo de cervejaria e complementado por farelo de gliricídia, na concentração de 2,8 mg g<sup>-1</sup>.



**Figura 8.** Curvas de regressão dos ácidos orgânicos dos compostos fermentados preparados pela substituição gradual do farelo de trigo por resíduo de cervejaria complementado com farelo de mamona (A) ou farelo de gliricídia (B).

Nos compostos fermentados complementados por farelo de mamona, o melhor ajuste, quanto ao teor de ácido láctico, foi obtido por equação polinomial quadrática, houve decréscimo na ordem de 10% do composto padrão para o composto com 60% de resíduo de cervejaria. O ácido acético e o etanol obtiveram melhores ajustes com equação linear negativa e positiva, respectivamente (Figura 8–A). O etanol foi o que mais respondeu a adição do resíduo de cervejaria, com aumento gradual do composto padrão para o composto com 60% de resíduo de cervejaria, na ordem de 180%. Este incremento em etanol pode ser resultados da presença de leveduras, remanescentes do processo de fermentação alcoólica da fabricação de



cerveja, e que permanecem no bagaço de malte, mesmo que em menor quantidade que no resíduo puro de levedura (BONATO, 2016). Na verdade, não há leveduras ao final do processo.

Observando detalhadamente o etanol se correlacionou positivamente com pH e negativamente com K, de acordo com a matriz de correlação de Pearson, para os compostos fermentados complementados com farelo de mamona (Tabela 9). O teor de ácido lático teve correlação positiva com o ácido acético em concordância com os resultados observados com a adição decasca de café (Tabela 6) e com a atividade das bactérias do ácido lático que apresentam ambos os ácidos como produtos de seu metabolismo (SILVA et al., 2011).

**Tabela 9.** Matriz de correlação de Pearson dos nutrientes e ácidos orgânicos dos compostos fermentados preparados pela substituição gradual do farelo de trigo por resíduo de cervejaria, complementado com farelo de mamona.

Matriz de Correlação Pearson ( $p > 0,01$ )											
	pH	N <sup>1</sup>	P	K	Ca	Mg	Ác. lat.	Ác. acé.	Etanol	Ác. but.	Ác. pro.
pH	<b>1,00</b>										
N	0,22	<b>1,00</b>									
P	-0,08	-0,29	<b>1,00</b>								
K	-0,28	<b>-0,82</b>	0,48	<b>1,00</b>							
Ca	-0,10	0,39	-0,32	-0,41	<b>1,00</b>						
Mg	-0,24	<b>-0,68</b>	<b>0,68</b>	<b>0,82</b>	-0,08	<b>1,00</b>					
Ác. Lát.	0,19	-0,33	-0,37	0,09	0,44	0,24	<b>1,00</b>				
Ác. Acé.	-0,25	<b>-0,78</b>	0,12	<b>0,67</b>	0,16	<b>0,69</b>	<b>0,70</b>	<b>1,00</b>			
Etanol	<b>0,61</b>	0,47	-0,24	<b>-0,59</b>	0,26	-0,48	0,15	-0,36	<b>1,00</b>		
Ác. But.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	<b>1,00</b>	
Ác. Pro.	0,26	<b>0,74</b>	<b>-0,61</b>	<b>-0,93</b>	0,29	<b>-0,84</b>	-0,03	<b>-0,63</b>	<b>0,57</b>	S	<b>1,00</b>

<sup>1</sup> Valores em negrito foram significativos ( $p$  valor  $< 0,01$ ). <sup>2</sup> N-Nitrogênio; P-Fósforo; K-Potássio; Ca-Cálcio; Mg-Magnésio; Ác. lat.-Ácido lático; Ác. acé.-Ácido acético; Ác. but.-Ácido butírico; Ác. pro.- Ácido propanóico.

O teor de N, indiretamente a relação C:N, correlacionou negativamente com o ácido acético e positivamente com o ácido propanóico. O ácido propanóico foi mensurado em apenas dois compostos, ainda assim, foi observada correlação positiva com etanol e negativa com ácido acético, além de outras correlações com nutrientes (Tabela 9). O ácido propanóico, também chamado, propiônico, é produzido pelas bactérias do gênero *Clostridium* e *Propionibacterium*, entre outras, que utilizam o ácido lático como substrato para sua fermentação (MCDONALD, 1981). As bactérias do gênero *Clostridium* também produzem ácido butírico e este não foi detectado nos mesmos compostos fermentados. Em estudos com silagem, a atividade das espécies de *Propionibacterium* não resulta em prejuízo para a qualidade (FREITAS et al., 2006)

Nos compostos fermentados complementados com farelo de gliricídia, houve resposta linear negativa dos teores de ácido lático, acético e etanol ao aumento da proporção de resíduo de cervejaria (Figura 8-B). A redução foi de 65%, 29% e 28% para o etanol, ácido lático e acético, respectivamente. Uma redução mais acentuada do que a observada pela substituição do farelo de trigo por casca de café (Figura 7-B). Em contraponto, houve correlações positivas entre o pH e o etanol e os ácidos lático e acético. Novamente, o ácido lático teve forte correlação positiva com ácido acético, e também, com etanol e todas as características químicas dos compostos fermentados (Tabela 10).

Nos compostos complementados com gliricídia, houve correlação negativa entre o teor de N e os teores de P, Ca, ácido lático e o etanol. Considerando que o aumento de N ocasiona

relações C:N menores, o que pode resultar em menores teores de ácido láctico e etanol ou seja, na diminuição da eficiência da via fermentativa desejada.

**Tabela 10.** Matriz de correlação de Pearson dos nutrientes e ácidos orgânicos dos compostos fermentados preparados pela substituição gradual do farelo de trigo por resíduo de cervejaria, complementado com farelo de gliricídia.

Matriz de Correlação Pearson ( $p > 0,01$ )											
	pH	N <sup>1</sup>	P	K	Ca	Mg	Ác. lat.	Ác. acé.	Etanol	Ác. but.	Ác. pro.
pH	<b>1,00</b>										
N	-0,46	<b>1,00</b>									
P	0,45	<b>-0,73</b>	<b>1,00</b>								
K	<b>0,52</b>	-0,17	0,05	<b>1,00</b>							
Ca	<b>-0,52</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,65</b>	-0,08	<b>1,00</b>						
Mg	0,40	-0,43	0,37	<b>0,75</b>	-0,21	<b>1,00</b>					
Ác. Lát.	<b>0,93</b>	<b>-0,51</b>	<b>0,57</b>	<b>0,51</b>	<b>-0,57</b>	<b>0,58</b>	<b>1,00</b>				
Ác. Acé.	<b>0,81</b>	-0,50	<b>0,55</b>	0,30	<b>-0,59</b>	0,46	<b>0,93</b>	<b>1,00</b>			
Etanol	<b>0,60</b>	<b>-0,58</b>	0,39	0,24	<b>-0,75</b>	0,14	<b>0,60</b>	<b>0,68</b>	<b>1,00</b>		
Ác. But.	-0,32	0,35	-0,29	-0,29	0,13	-0,02	-0,14	0,05	-0,10	<b>1,00</b>	
Ác. Pro.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	<b>1,00</b>

<sup>1</sup> Valores em negrito foram significativos ( $p$  valor  $< 0,01$ ). <sup>2</sup> N-Nitrogênio; P-Fósforo; K-Potássio; Ca-Cálcio; Mg-Magnésio; Ác. lat.-Ácido láctico; Ác. acé.-Ácido acético; Ác. but.-Ácido butírico; Ác. pro.- Ácido propanóico.

Com o conjunto de resultados é possível inferir que nenhum dos compostos fermentados com resíduo de cervejaria apresentaram características químicas, de pH ou de ácidos orgânicos que inviabilizasse sua utilização. Mesmo com a substituição total do farelo de trigo a via fermentativa láctica predominou, além disso, a adição de resíduo de cervejaria aumentou o teor de N dos compostos. Característica interessante para fertilizantes orgânicos, que em geral apresentam baixos teores de N.

#### 4.5.4 Substituição gradual do farelo de trigo por capim elefante

No terceiro ensaio de incubação, o capim elefante substituiu gradualmente o farelo de trigo, complementado por farelo de mamona ou farelo de gliricídia. Houve interação significativa entre o fator fonte complementar e o fator proporção de capim elefante para o pH, condutividade elétrica e nutrientes (Tabela 11).

Nos compostos complementados por farelo de mamona, observa-se o incremento nos valores de pH a medida que a proporção de capim elefante aumenta, na ordem de 31% do composto padrão para o composto com 60% de capim elefante. O pH manteve-se ácido até o composto com 45% de capim elefante, apenas no composto com 60% de capim elefante (ausência do farelo de trigo) o pH foi neutro. Nos compostos complementados com farelo de gliricídia, houve menor incremento nos valores de pH, na ordem de 9%. Esta mesma tendência foi observada no ensaio com casca de café (Tabela 5).

A condutividade elétrica e os teores de P e K, independente da fonte complementar, diminuiram a medida que a proporção de capim elefante aumentou, ao contrário dos teores de N e Ca. Os teores de K e Ca dos compostos fermentados complementados com farelo de gliricídia foram maiores, significativamente, que os compostos complementados por farelo de mamona. Destaca-se que os níveis de K e N foram similares até a proporção de 30% de capim elefante, nas proporções de 45% e 60% de capim elefante os teores caíram consideravelmente, na ordem de 40% e 20% para K e N, respectivamente. A relação C:N estimada foi de 11,4 no composto padrão e de 14,3 no composto com 60% de capim elefante complementado com

farelo de mamona. Quando complementado com farelo de gliricídia, o teor de N caiu constantemente a medida que a proporção de capim aumentava. A relação C:N estimada foi de 15 no composto com 60% de farelo de trigo para 21 no composto com 60% de capim elefante. Composto fermentado similar, formulado com 60% capim elefante e 40% de gliricídia, apresentou relação C:N de 25 ao final do processo (OLIVEIRA, 2015).

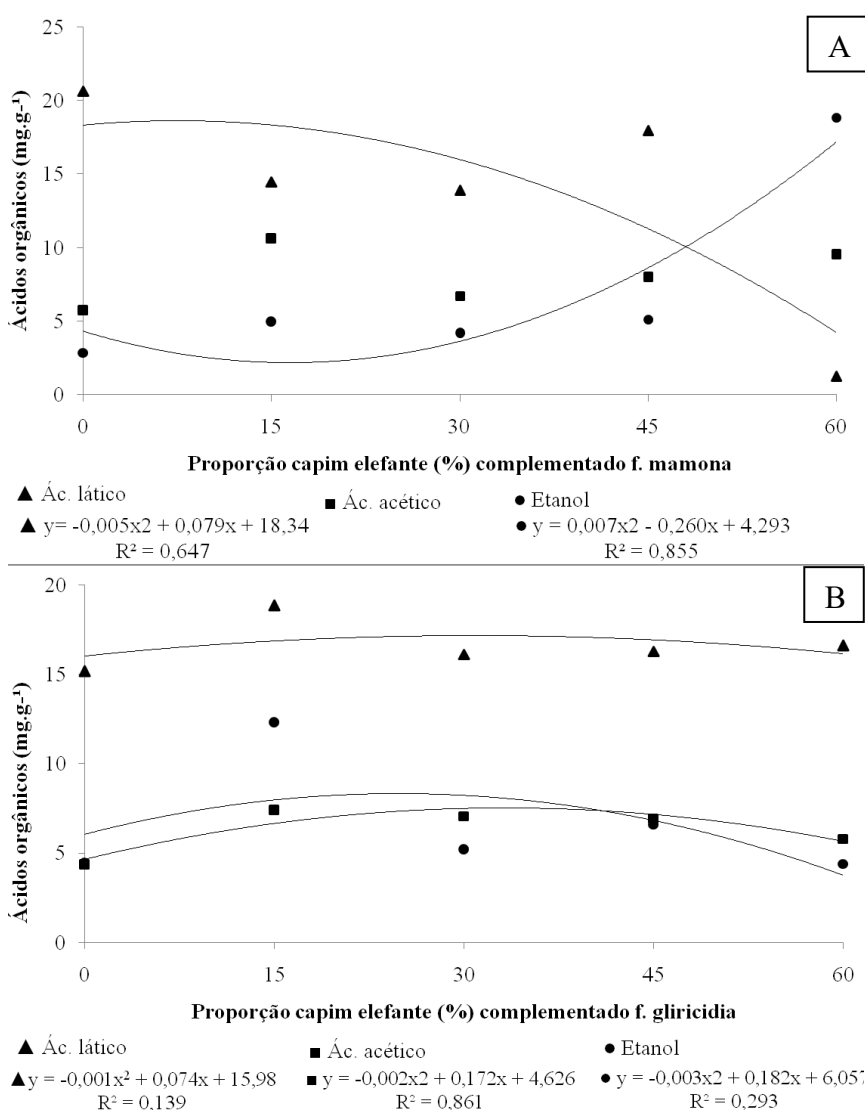
**Tabela 11.** pH, condutividade elétrica e teores de nutrientes em formulações de compostos fermentados a partir da substituição gradual de farelo de trigo por capim elefante complementado por farelo de mamona ou farelo de gliricídia.

Fonte complementar <sup>1</sup>	Proporção de capim elefante (%) <sup>2</sup>					Média
	0	15	30	45	60	
<b>pH</b>						
F. mamona	5,36 cA <sup>3</sup>	5,23 cA	5,74 bA	5,79 bA	7,02 aA	5,55 A
F. gliricídia	5,19 cB	5,03 cB	5,20 cB	5,42 bB	5,66 aB	5,20 B
Média	5,28 d	5,13 d	5,47 c	5,61 b	6,34 a	
C.V. (%)	1,83					
<b>Condutividade elétrica (dSm<sup>-1</sup>)</b>						
F. mamona	6,08 aA	6,27 aA	4,96 bA	5,11 bA	5,18 bA	5,15 A
F. gliricídia	5,74 aA	5,76 aB	5,19 bA	4,89 bA	4,32 dB	5,04 A
Média	5,91 a	6,02 a	5,08 b	5,00 b	4,75 c	
C.V. (%)	8,25					
<b>Nitrogênio (g kg<sup>-1</sup>)</b>						
F. mamona	35,20 aA	35,17 aA	34,22 aA	28,99 aA	28,01 bA	34,32 A
F. gliricídia	43,78 aB	28,69 bB	27,67 cB	23,63 dB	19,22 eB	28,6 B
Média	39,48 a	31,93 b	31,31 b	30,95 b	23,61 c	
C.V. (%)	5,61					
<b>Fósforo (g kg<sup>-1</sup>)</b>						
F. mamona	8,70 aA	6,33 aA	5,98 bA	5,33 bA	4,45 cA	5,66 A
F. gliricídia	9,22 aA	4,27 bB	3,70 bB	2,90 bB	1,60 cB	3,30 B
Média	8,96 a	5,30 b	4,84 b	4,12 c	3,02 d	
C.V. (%)	12,15					
<b>Potássio (g kg<sup>-1</sup>)</b>						
F. mamona	11,75 aA	10,43 aA	11,33 aA	8,22 bA	7,01 bA	9,33 B
F. gliricídia	7,56 bB	9,53 aA	9,31 aB	7,61 bA	8,24 bA	7,92 A
Média	9,65 a	9,98 a	10,32 a	7,92 b	7,63 b	
C.V. (%)	8,10					
<b>Cálcio (g kg<sup>-1</sup>)</b>						
F. mamona	4,36 cB	4,22 cB	6,79 bB	6,52 bB	7,97 aB	5,44 B
F. gliricídia	5,91 cA	7,35 bA	7,86 bA	9,38 aA	9,38 aA	7,61 A
Média	5,14 e	5,79 d	7,32 c	7,95 b	8,67 a	
C.V. (%)	6,29					
<b>Magnésio (g kg<sup>-1</sup>)</b>						
F. mamona	5,77 aA	4,58 bA	5,54 aA	6,24 aA	5,04 bA	5,29 A
F. gliricídia	4,31 bB	5,29 aA	4,18 bB	4,58 bB	4,19 bB	4,25 B
Média	5,04 a	4,94 a	4,86 a	5,41 a	4,62 a	
C.V. (%)	9,85					

<sup>1</sup> Fonte complementar na proporção de 40% da formulação; F. mamona = Farelo de mamona; F. gliricídia = Farelo de gliricídia. <sup>2</sup> Proporção de capim elefante em substituição ao farelo de trigo somando 60% da formulação. <sup>3</sup> Letras maiúsculas comparam linhas e minúsculas colunas, no teste de Scott-knott (p<0,05).

Os ácidos orgânicos mensurados foram os ácidos láctico, acético, etanol, butírico e propanóico, os 3 primeiros com ocorrência em todos os compostos fermentados (Figura 9). Nos compostos fermentados complementados por farelo de mamona, o melhor ajuste, quanto ao teor de ácido láctico, foi obtido por equação polinomial quadrática, com decréscimo abrupto no composto com 60% de capim elefante, na ordem de 95% em comparação com o composto padrão.

O etanol apresentou tendência contrária, com incremento gradual à medida que a proporção de capim elefante aumentava (Figura 9-A). O composto com proporção de 60% de capim elefante complementado com farelo de mamona, merece destaque, pois, apresentou o teor mais baixo de ácido láctico dentre todos os compostos estudados, teve pH neutro e o a quantificação de ácido butírico apenas nele (7,3 mg g<sup>-1</sup>). Padrão semelhante foi observado com a adição de 60% de casca de café (Figura 7).



**Figura 9.** Curvas de regressão do pH e ácidos orgânicos dos compostos fermentados preparados pela substituição gradual do farelo de trigo por capim elefante complementado com farelo de mamona (A) e farelo de gliricidia (B).

A matriz de correlação de Pearson destacou a forte relação negativa entre o ácido láctico e o etanol, pH e ácido butírico, confirmando significativamente a tendência observada nas curvas de regressão (Tabela 12). O pH, o etanol e o ácido butírico apresentaram

correlação positiva entre si, em concordância com os resultados obtidos com casca de café (Tabela 6). Trabalhos conduzidos com capim elefante ensilados também destacam estas correlações, sendo que a presença de ácido butírico e pH neutro ou básico indicadores de um perfil fermentativo indesejável (CARVALHO et al., 2007; QUADROS; FIGUEIREDO; CARDOSO, 2002).

**Tabela 12.** Matriz de correlação de Pearson dos nutrientes e ácidos orgânicos dos compostos fermentados preparados pela substituição gradual do farelo de trigo por capim elefante, complementado com farelo de mamona.

Matriz de Correlação Pearson ( $p > 0,01$ )											
	pH	N <sup>1</sup>	P	K	Ca	Mg	Ác. lat.	Ác. acé.	Etanol	Ác. but.	Ác. pro.
pH	<b>1,00</b>										
N	-0,10	<b>1,00</b>									
P	<b>-0,67</b>	-0,43	<b>1,00</b>								
K	<b>-0,80</b>	-0,11	<b>0,75</b>	<b>1,00</b>							
Ca	<b>0,84</b>	-0,03	<b>-0,75</b>	<b>-0,64</b>	<b>1,00</b>						
Mg	-0,05	0,13	0,17	0,08	0,09	<b>1,00</b>					
Ác. Lát.	<b>-0,84</b>	-0,04	<b>0,73</b>	<b>0,63</b>	<b>-0,68</b>	0,38	<b>1,00</b>				
Ác. Acé.	0,26	0,18	-0,47	<b>-0,51</b>	0,02	-0,36	-0,48	<b>1,00</b>			
Etanol	<b>0,93</b>	-0,13	<b>-0,60</b>	<b>-0,79</b>	<b>0,64</b>	-0,16	<b>-0,88</b>	<b>0,52</b>	<b>1,00</b>		
Ác. But.	<b>0,94</b>	-0,11	<b>-0,56</b>	<b>-0,73</b>	<b>0,64</b>	-0,23	<b>-0,90</b>	0,39	<b>0,97</b>	<b>1,00</b>	
Ác. Pro.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	<b>1,00</b>

<sup>1</sup> Valores em negrito foram significativos ( $p < 0,01$ ). <sup>2</sup> N-Nitrogênio; P-Fósforo; K-Potássio; Ca-Cálcio; Mg-Magnésio; Ác. lat.-Ácido láctico; Ác. acé.-Ácido acético; Ác. but.-Ácido butírico; Ác. pro.- Ácido propanóico.

Nos compostos fermentados complementados com farelo de gliricídia, as variações nos teores de ácido láctico, acético e etanol foram leves e o melhor ajuste obtido pela equação polinomial quadrática (Figura 9-B). A pequena variação dos teores de ácidos orgânicos nos compostos com farelo de gliricídia também foi notada por ocasião da adição de casca de café e resíduo de cervejaria. Comparando o composto com 60% de farelo de trigo e o composto com 60% de capim elefante houve incremento dos teores de ácido láctico e acético na ordem de 10% e 34%, respectivamente. Em silagens de capim elefante, ou outros capins, a adição de leguminosas, entre elas a gliricídia, é altamente recomendada, pois melhora o processo fermentativo, o teor de N e outros nutrientes e a estabilidade aeróbica (CONCEIÇÃO, 2017; TJANDRAATMADJA; MACRAE, 2010).

O ácido propanóico foi mensurado nos compostos complementados com farelo de gliricídia e proporção de 30, 45 e 60% de capim elefante, com teor médio de 4,5 mg g<sup>-1</sup>. A matriz de correlação de Pearson apresentou poucos valores significativos nos compostos com farelo de gliricídia (Tabela 13), quando comparado a matriz de correlação dos compostos com farelo de mamona.

A menor variação dos teores de pH, do ácido láctico e do etanol nos compostos com farelo de gliricídia pode ocorrer devido a componentes intrínsecos desta leguminosa, mas que não estão presentes no capim elefante, na casca de café e no farelo de mamona. Os resultados levam a inferir que componentes presentes no farelo de trigo, no resíduo de cervejaria e na gliricídia proporcionam e beneficiam a via fermentativa láctica. Ou seja, seus componentes servem prioritariamente como substrato das bactérias lácticas, garantindo que estas possam gerar ácido láctico, acidificando o composto fermentado, o que inibe o aparecimento de outros microrganismos e outros produtos metabólicos (MUCK, 2010).

Pelas correlações observadas entre pH e os ácidos orgânicos pode-se recomendar que o pH seja utilizado como um indicador indireto de alguns ácidos orgânicos do composto

fermentado. Principalmente, quando o pH é neutro ou básico há ocorrência de vias fermentativas indesejáveis, com o aparecimento de ácido butírico e queda no teor de ácido láctico. Interessante correlação, pois a avaliação do pH é simples, rápida e barata quando comparada às avaliações dos ácidos orgânicos.

**Tabela 13.** Matriz de correlação de Pearson dos nutrientes e ácidos orgânicos dos compostos fermentados preparados pela substituição gradual do farelo de trigo por capim elefante, complementado com farelo de gliricídia.

Matriz de Correlação Pearson (p>0,01)											
	pH	N	P	K	Ca	Mg	Ác. lat.	Ác. acé.	Etanol	Ác. but.	Ác. pro.
pH	<b>1,00</b>										
N	<b>-0,56</b>	<b>1,00</b>									
P	<b>-0,52</b>	<b>0,86</b>	<b>1,00</b>								
K	-0,44	-0,22	-0,23	<b>1,00</b>							
Ca	<b>0,62</b>	<b>-0,81</b>	<b>-0,87</b>	0,07	<b>1,00</b>						
Mg	-0,40	-0,05	0,00	0,47	-0,04	<b>1,00</b>					
Ác. Lát.	<b>-0,57</b>	0,09	-0,12	<b>0,62</b>	-0,21	0,48	<b>1,00</b>				
Ác. Acé.	-0,01	-0,32	<b>-0,57</b>	0,33	0,38	0,22	<b>0,65</b>	<b>1,00</b>			
Etanol	<b>-0,52</b>	0,02	-0,10	0,48	-0,09	<b>0,62</b>	<b>0,85</b>	<b>0,58</b>	<b>1,00</b>		
Ác. But.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	<b>1,00</b>	
Ác. Pro.	0,37	-0,17	-0,02	-0,09	0,09	<b>-0,55</b>	<b>-0,55</b>	-0,40	<b>-0,85</b>	S	<b>1,00</b>

<sup>1</sup> Valores em negrito foram significativos (p valor<0,01). <sup>2</sup> N-Nitrogênio; P-Fósforo; K-Potássio; Ca-Cálcio; Mg-Magnésio; Ác. lat.-Ácido láctico; Ác. acé.-Ácido acético; Ác. but.-Ácido butírico; Ác. pro.- Ácido propanóico.

Ainda em relação ao pH, após o período de fermentação o composto resultante é ácido, com pH em torno de 3,5 a 5,2. Em avaliações realizadas 7 dias após a abertura dos frascos e aeração dos compostos fermentados houve estabilização em torno do pH 8. Entende-se que quando aplicado ao solo estes compostos não irão acidificá-lo, pois rapidamente após sua abertura a maior parte dos ácidos é volatilizada. A aplicação de composto fermentado (Bokasahi), com pH 4,25, não resultou na alteração do pH do solo, pH 6,7, em comparação com o controle (CHRISTEL, 2017).

#### 4.5.5 Comunidade bacteriana dos compostos fermentados

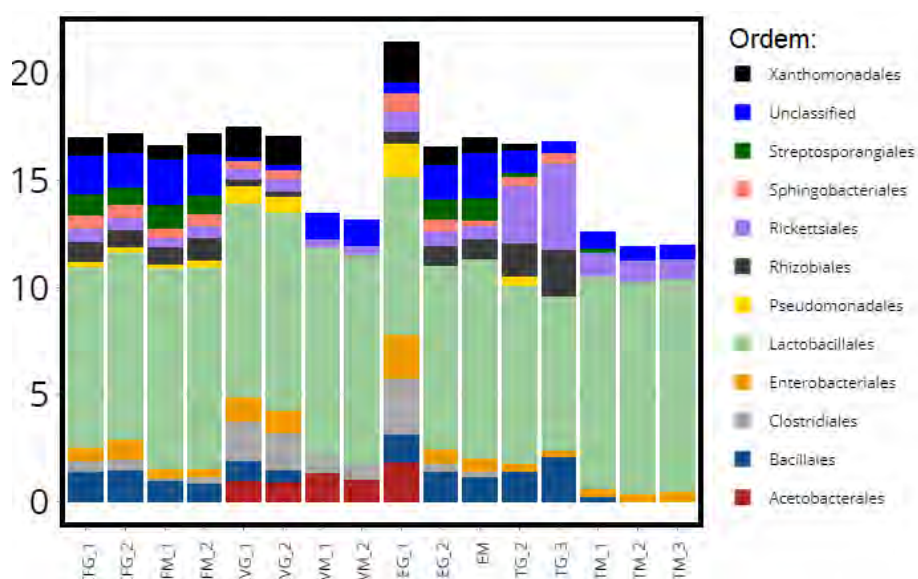
Foram identificados de 10.000,0 a 14.250,0 seqüências genéticas, a depender do composto fermentado. Estas seqüências foram filiadas a 10 filos bacterianos, 11 ordens e 26 gêneros. Quatro filos foram considerados mais abundantes, Actinobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes e Proteobacteria, com porcentagens acima de 1%. Em todos os compostos a ordem mais abundante foi a Lactobacillales, pertencente ao filo Firmicutes (Figura 10), as bactérias do gênero *Lactobacillus* pertencem a esta ordem. Presente em todos os compostos, porém em menor abundância, a ordem Rickettsiales, do filo Proteobacteria, contém espécies endoparasitas, que se destacam por serem, patogênicas a seres humanos (febre tifóide).

No composto TM (composto padrão), cujo pH aferido foi ácido, menor número de ordens foi identificado (Lactobacillales, Rickettsiales e Enterobacteriales), também com menor abundância relativa. A ordem Enterobacteriales foi identificada em todos os compostos fermentados, exceto no composto CVM. O gênero *Salmonella*, conhecido patogênico humano e animal, fazem parte desta ordem. Estudo preliminar com diversos fertilizantes orgânicos mostrou que em uma das réplicas de composto fermentado (bokashi) o gênero *Salmonella* foi identificado, porém o sorotipo de *Salmonella* identificado não correspondia a *Enteritidis*, *Typhimurium*, *Hadar*, *Infantis* ou *Virchow* (as espécies patogênicas freqüentemente

monitoradas). Nenhum fertilizante estudado excedeu o requerimento legal para *E. coli* (EPELDE et al., 2018).

A segunda menor abundância relativa foi no composto CVM, coincidentemente, o composto mais parecido com o TM (CFAB), segundo a caracterização dos ácidos orgânicos, e além das ordens presentes no TM, se detectaram as ordens Clostridiales e Acetobacterales.

A ordem Clostridiales ocorreu em todos os compostos com casca de café, resíduo de cervejaria e capim elefante, indicando uma alteração nas vias fermentativas em relação ao farelo de trigo. Nesta ordem estão presentes bactérias patogênicas a seres humanos e animais (botulismo, tétano e abortivas), sendo intensivamente combatidas na produção de silagens (MACÊDO et al., 2017), porém não se conhece as consequências de sua presença nos compostos fermentados. Os produtos finais da fermentação dos clostrídios (aminas, amônia e ácido butírico) não são tão ácidos como o ácido láctico (MUCK, 2010; ROOKE; HATFIELD, 2003). O ácido butírico havia sido mensurado em alguns compostos fermentados.



**Figura 10.** Composição taxonômica e abundância da comunidade bacteriana (em nível de ordem) em compostos fermentados obtidos de diferentes matérias primas vegetais.

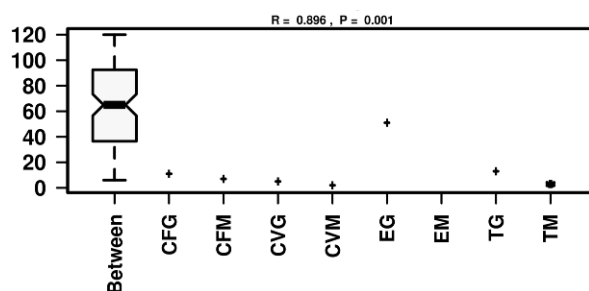
\*CFG – casca de café + farelo de gliricídia; CFM – casca de café + farelo de mamona; CVG – resíduo de cervejaria + f. gliricídia; CVM – resíduo de cervejaria + f. mamona; EG – capim elefante + f. gliricídia; EM – capim elefante + f. mamona; TG – farelo de trigo + f. gliricídia; TM – farelo de trigo + f. mamona.

A ordem Acetobacterales ocorreu nos compostos com resíduo de cervejaria e em uma repetição do composto EG. As bactérias presentes nesta ordem convertem ácido láctico e etanol em ácido acético em seu metabolismo. O que explica sua presença nos compostos com maior teor de etanol (Figura 8).

A ordem Xanthomonadales ocorreu nos compostos com casca de café, capim elefante e no composto CVG, nesta ordem estão presentes famosas bactérias patogênicas a plantas e seres humanos, como os gêneros *Xanthomonas* e *Xylella*. Quatro ordens (Pseudomonadales, Rhizobiales, Sphingobacteriales e Bacillales) tiveram ocorrência em todos os compostos exceto no composto TM e no CVM. Destacam-se as ordens Rhizobiales, que contém espécies simbiotes fixadoras de N atmosférico (*Bradyrhizobium*, entre outros), e Pseudomonadales, que contém espécies fixadoras de N (*Azotobacter*).

Especialmente nos compostos com casca de café e capim elefante foi identificada a subordem Streptosporangiales, da ordem Actinomycetales, os conhecidos actinomicetes, possíveis promotores de crescimento de plantas, fixadores de N e produtores de antibióticos para animais e seres humanos.

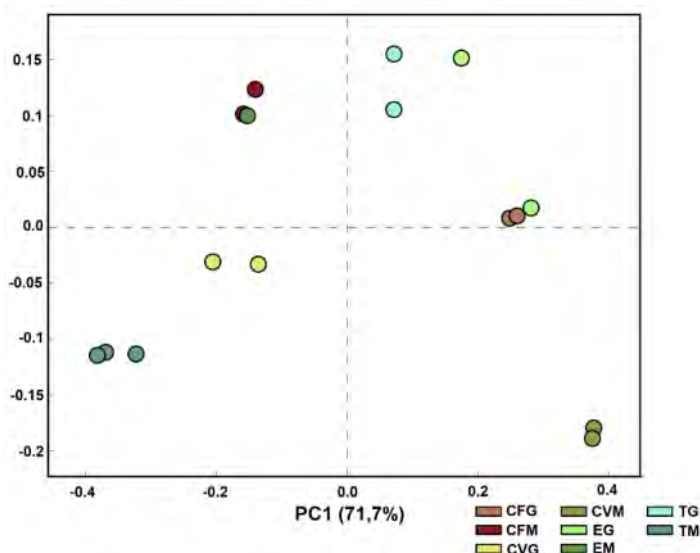
Pelo histograma é possível perceber que uma das repetições do composto EG destacou-se em abundância e número de ordens (Figura 10). Para melhor visualizar a variação entre os compostos e entre as repetições de cada composto foi calculado o índice de similaridade, em que valores próximos a zero indicam alta similaridade (Figura 11). Observa-se que entre os compostos (Between) o valor de similaridade foi de 60, considerado alto. Entre as repetições de cada composto o valor foi próximo a zero, indicando alta similaridade, exceto para o composto EG com valor próximo a 50. Neste caso, a alta dissimilaridade entre as repetições pode inviabilizar inferências em relação a este composto.



**Figura 11.** Índice de similaridade (Anosim de Bray-curtis) entre os compostos e entre as repetições dos compostos fermentados, obtidos de diferentes matérias primas vegetais.

\* Entre compostos fermentados: Between; Entre repetições: CFG – casca de café + farelo de gliricídia; CFM – casca de café + farelo de mamona; CVG – resíduo de cervejaria + f. gliricídia; CVM – resíduo de cervejaria + f. mamona; EG – capim elefante + f. gliricídia; EM – capim elefante + f. mamona; TG – farelo de trigo + f. gliricídia; TM – farelo de trigo + f. mamona.

A similaridade entre as repetições e os compostos fermentados também foi evidenciada pela análise de componentes principais (PCA) (Figura 12), em que a proximidade entre os círculos representa a proximidade entre a composição da comunidade bacteriana. Nota-se que todas as repetições ficaram próximas entre si, exceto o EG, novamente. Agrupados no primeiro quadrante (superior esquerdo) ficaram os compostos TG, EG, CFG, todos complementados por farelo de gliricídia.



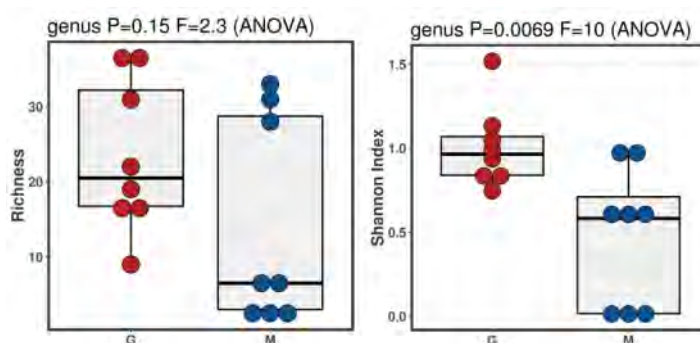
**Figura 12.** Análise de componentes principais (PCA) baseado na composição bacteriana (nível de gênero) de compostos fermentados obtidos de diferentes matérias primas vegetais.

\*CFG – casca de café + farelo de gliricídia; CFM – casca de café + farelo de mamona; CVG – resíduo de cervejaria + f. gliricídia; CVM – resíduo de cervejaria + f. mamona; EG – capim elefante + f. gliricídia; EM – capim elefante + f. mamona; TG – farelo de trigo + f. gliricídia; TM – farelo de trigo + f. mamona.



O CFM e EM ficaram praticamente sobrepostos no quarto quadrante (superior direita). Distantes dos demais ficaram os compostos TM (inferior esquerda) e CVM (inferior direita). Destaca-se a separação entre os compostos complementados com farelo de mamona e de gliricídia, esta diferença também havia sido observada na caracterização química e dos ácidos orgânicos.

A fim de entender estas diferenças, se calculou a riqueza e a diversidade de gêneros da comunidade bacteriana agrupados pela fonte complementar, o farelo de mamona (M) e o farelo de gliricídia (G), independente da fonte principal (Figura 13). A riqueza foi significativamente ( $p < 0,2$ ) superior nos compostos com farelo de gliricídia, algo já evidenciado pelas ordens de bactérias (Figura 11)



**Figura 13.** Riqueza (esquerda) e índice de diversidade de shannon (direita) entre compostos fermentados obtidos de diferentes matérias primas vegetais, complementados com farelo de gliricídia (G) ou farelo de mamona (M).

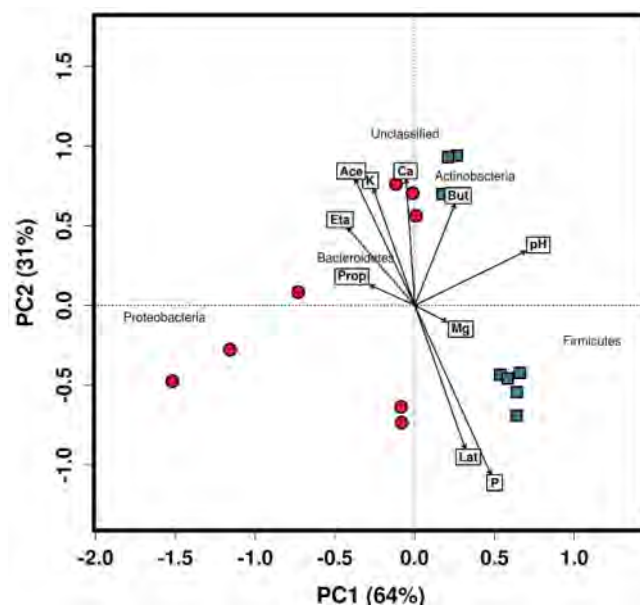
O índice de diversidade de Shannon foi significativamente ( $p < 0,01$ ) superior nos compostos com farelo de gliricídia, o que pode explicar as menores variações nos teores de ácidos orgânicos (Figura 7, 8 e 9). A diversidade microbiana é crítica para a manutenção de funções e serviços ecossistêmicos (DELGADO-BAQUERIZO et al., 2016). Características intrínsecas as leguminosas, como a concentração de proteína, celulose e diversidade de aminoácidos e alguns amidos, podem aumentar a diversidade e beneficiar grupos específicos de microrganismo (SCHÖNICKE et al., 2015).

Em contraponto, a torta de mamona é constituída de modo geral de proteínas (41,5%), advindos de uma grande diversidade de aminoácido, fibras (32,8%), minerais (7,7%) e gorduras (2,6%). Em especial, as sementes de mamona contêm ricina, uma proteína tóxica que atua em sítios de ligação específica ao açúcar galactose, resultando na inativação de ribossomos, o que inviabiliza o uso do farelo de mamona na alimentação animal (BELTRÃO, 2003). A possível influencia da toxicidade do farelo de mamona nas comunidades microbianas deve ser considerada. Uma vez que seu uso diminuiu a população de nematóides fitoparasitas (AKHTAR; MAHMOOD, 1996), da hérnia das crucíferas e da ordem de insetos coleópteros e lepidópteros (CARLINI; SÁ, 2002). Por um lado, estudos que elucidem as transformações da ricina em processos de compostagem ou sobre a comunidade bacteriana do solo não foram encontrados, o que deixa em aberto a possível toxicidade desta proteína na comunidade bacteriana dos compostos fermentados. Por outro lado, esta toxicidade pode trazer benefícios as plantas cultivadas, pois podem controlar doenças enematóides de solo (MELO et al., 2019).

Nota-se que há relação entre as características químicas e dos ácidos orgânicos com a comunidade bacteriana dos compostos fermentados, separados pela sua fonte complementar, pela análise de componentes principais (PCA) (Figura 14). Os compostos com farelo de mamona agruparam-se à direita do gráfico, mesma direção em dos vetores de pH, ácido butírico, ácido lático, P e Mg. Próximo a estas características estão os filamentos Actinobacteria

(ordem actinomycetales) e Firmicute (ordens Bacillales, Lactobacillales e Clostridiales). Estes resultados se relacionam com as mudanças dos ácidos orgânicos (Figura 7, 8 e 9), uma vez que os teores de ácido láctico, etanol, butírico e pH variaram mais nos compostos com farelo de mamona.

Os compostos com farelo de gliricídia ficaram à esquerda do gráfico, não agrupados completamente. Neste mesmo lado está o filo Proteobacteria, mais diverso, que integra as ordens Rhizobiales, Acetobacteriales, Ricktsiales, Enterobacteriales, Xanthomonadales e Pseudomonadales, ordens identificadas especificamente nestes compostos (Figura 10).



**Figura 14.** Análise de componentes principais (PCA) baseado na composição química, nos ácidos orgânicos e na composição bacteriana (filos) de compostos fermentados obtidos de diferentes matérias primas vegetais, complementados por farelo de gliricídia (vermelho) e farelo de mamona (azul).

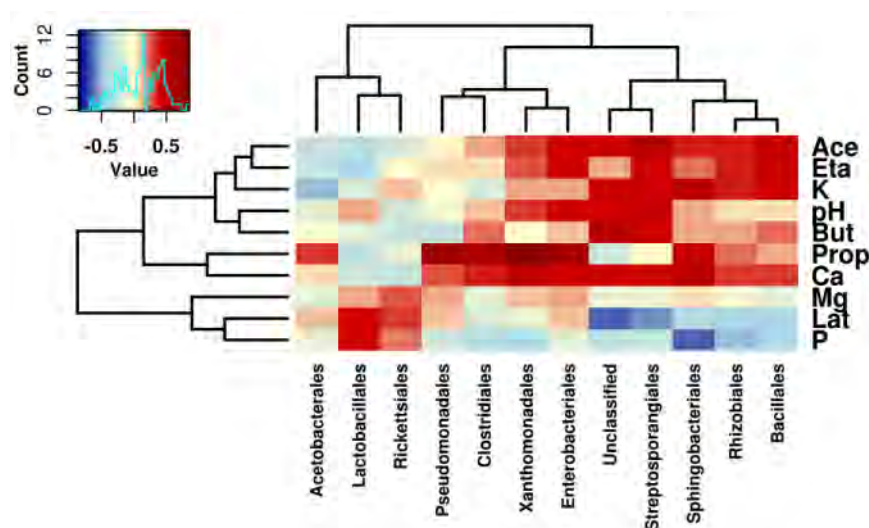
\* círculos vermelhos = compostos fermentados complementados com farelo de gliricídia; quadrados azuis = compostos fermentados complementados com farelo de mamona; Vetores = componentes químicos e ácidos orgânicos; Letras = filos bacterianos.

O índice de Spermann pôde correlacionar significativamente, as tendências observadas na PCA, características químicas, ácidos orgânicos e a comunidade bacteriana (Figura 15). Como esperado, nota-se correlação positiva entre o ácido láctico e a ordem Lactobacillales. Houve correlação entre ácido propanóico e ordens Xanthomonadales, Enterobacteriales, Pseudomonadales, Clostridiales e Shingobacteriales. O ácido acético e o etanol se correlacionaram positivamente com as ordens Enterobacteriales, Actinomycetales (ou Streptosporangiales), Bacillales e Rhizobiales. Todas estas ordens relacionadas com ácido propanóico, acético e etanol ocorreram nos compostos com farelo de gliricídia, destacando novamente a maior diversidade bacteriana nestes compostos.

Vale destacar que neste estudo uma fotografia de um momento específico do processo de compostagem foi observada, exatamente no final do processo, quando o composto estava estabilizado e pronto para uso.

Acredita-se, por um lado, que a comunidade bacteriana retratada foi a que mais influenciou no processo fermentativo e aquela que sobreviveu às transformações ocasionadas pelo processo fermentativo. Estudos aprofundados ao longo do processo fermentativo com o acompanhamento da dinâmica desta comunidade são necessários. Por outro lado, não se pode assumir que as bactérias presentes no momento final da compostagem irão agir ou alterar a comunidade microbiana do solo, após a aplicação do composto fermentado. Estudos recentes

apontam que a aplicação de composto fermentado (EM-Bokashi), com ou sem inoculante EM, não alterou a composição e diversidade da comunidade bacteriana, em comparação aos solos sem a adição de composto fermentado (SHIN et al., 2017). Esse estudo indica que a adição de material vegetal, com características intrínsecas, que permitem o consumo por microrganismos e decomposição rápida, resultam no crescimento da comunidade bacteriana sem, contudo, interferir na estrutura da comunidade. Pode-se argumentar que a sobrevivência de microrganismos depende do tipo e da qualidade do solo. Além disso, a sobrevivência de microrganismos adicionados reduz em solos com alta atividade e diversidade microbiana, o que pode ocorrer em solos sob manejo orgânico (LIU et al., 2007; VAN BRUGGEN; GAMLIEL; FINCKH, 2016).



**Figura 15.** Índice de correlação de Spermán, indicado por graduação de cores (*Heatmap*), entre a composição química e dos ácidos orgânicos e a composição bacteriana (ordem) de compostos fermentados obtidos de diferentes matérias primas vegetais.  
\* Cores vermelhas indicam correlação positiva e cores azuis correlação negativa ( $p < 0,01$ ).

#### 4.5.6 Disponibilização de nitrogênio pelos compostos fermentados

Para os resultados de recuperação de N, calculada a partir da biomassa e do teor de N total do milho, houve interação significativa entre os fatores: fonte complementar (farelo de mamona e de glicíndia), fonte substituinte ao farelo de trigo (casca de café, resíduo de cervejaria e capim elefante) e proporção da fonte substituinte (0, 15, 30, 45 e 60%) (Tabela 14). A recuperação de N foi superior nos compostos complementados com farelo de mamona em comparação aos com farelo de glicíndia. Porém, não houve mudanças na recuperação de N com o aumento da proporção das fontes substituintes, quando complementados com farelo de mamona.

Quando complementados com farelo de glicíndia, o aumento da proporção de casca de café e capim elefante proporcionou redução na recuperação de N, na ordem de 80% e 73%, respectivamente. Com o resíduo de cervejaria não foram observadas diferenças significativas. A aplicação de uréia foi utilizada como controle, pela sua alta solubilidade e disponibilidade, sua recuperação de N foi em média de 87%. O farelo de mamona também foi utilizado como controle, considerada uma das fontes vegetais de fertilização com maior eficiência, sua recuperação de N foi em média de 52% (Figura 16).

A recuperação de N da uréia superou todos os compostos fermentados, já a recuperação no farelo de mamona foi equivalente aos dos compostos fermentados com farelo de mamona (indicado pela letra 'a', Figura 16). Este resultado é promissor uma vez que o com

a substituição de 60% do farelo de mamona do composto fermentado não alterou significativamente a disponibilização de N. O farelo de mamona é uma fonte escassa, como subproduto da indústria do biodiesel e óleo de mamona (SILVA et al., 2012), com preço elevado e, muitas vezes, não está disponível em todo mercado nacional.

**Tabela 14.** Recuperação de nitrogênio pelas plantas de milho fertilizadas com compostos fermentados preparados a partir da substituição gradual do farelo de trigo por casca de café, resíduo de cervejaria ou capim elefante, complementados com farelo de mamona ou gliricídia.

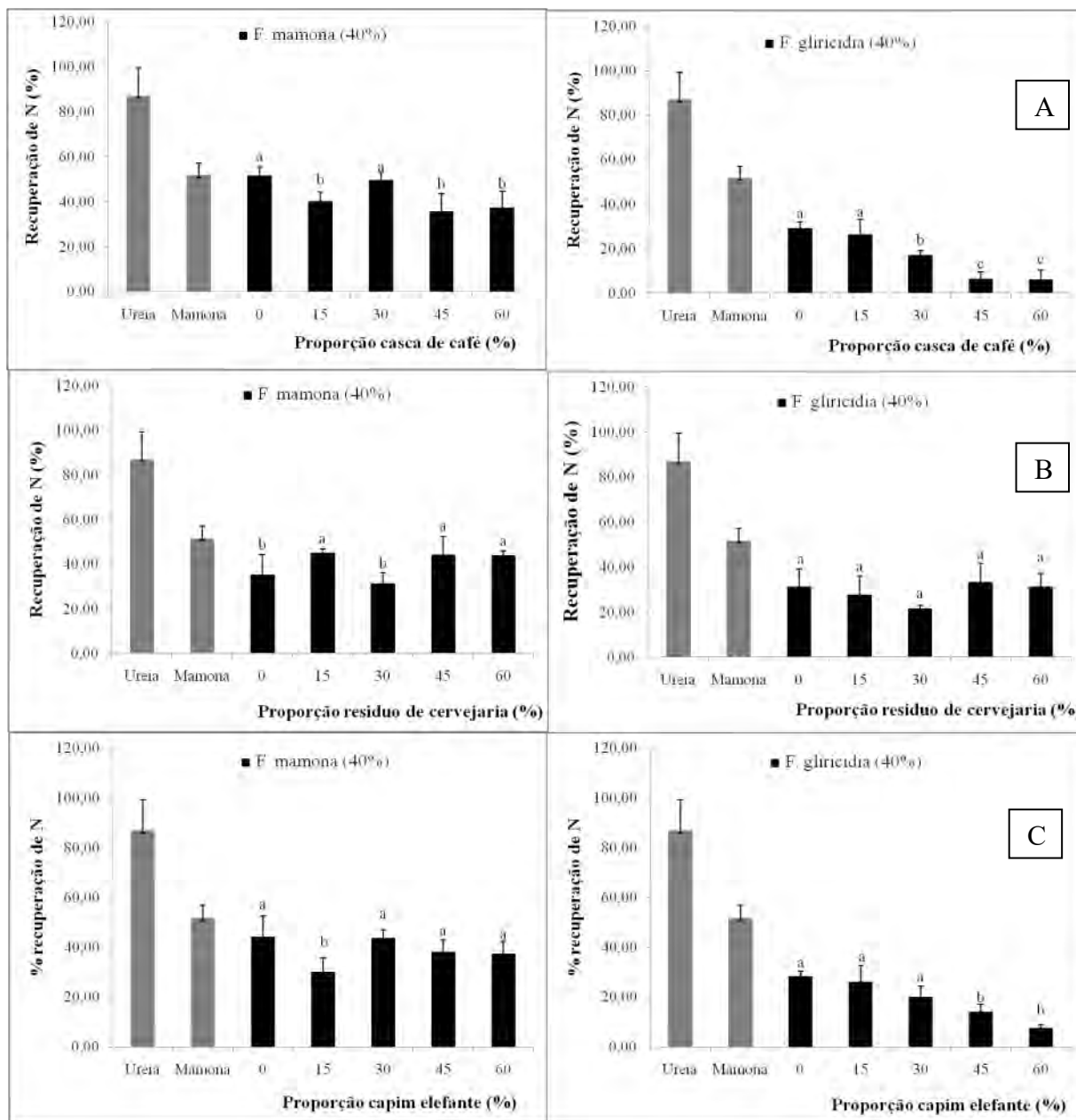
Recuperação de nitrogênio pelo milho (%)							
Fonte complementar <sup>1</sup>	Proporção de casca de café (%) <sup>2</sup>						Média
	0	15	30	45	60		
F. mamona	51,52 aA <sup>3</sup>	49,44 aA	40,13 bA	37,37 bA	35,67 bA	42,11 A	
F. gliricídia	29,31 aB	26,37 aB	17,24 bB	6,55 cB	6,08 cB	17,11 B	
Média	40,41 a	33,25 b	33,34 b	21,11 c	21,72 c		
Proporção de resíduo de cervejaria (%)							
F. mamona	35,36 bA	45,01 aA	31,48 bA	44,35 aA	44,06 aA	40,05 A	
F. gliricídia	31,26 aA	27,82 aB	21,74 aB	31,52 aB	33,37 aB	29,14 B	
Média	33,31 a	36,41 a	26,61 b	38,86 a	37,79 a		
Proporção de capim elefante (%)							
F. mamona	44,07 aA	43,59 aA	38,24 aA	37,44 aA	30,1 aA	38,69 A	
F. gliricídia	28,26 aB	26,18 aA	20,16 aB	14,09 bB	7,58 bB	19,25 B	
Média	36,16 a	28,14 b	31,88 a	26,16 b	22,51 b		
CV (%)	17,13						

<sup>1</sup> Fonte complementar na proporção de 40% da formulação; F. mamona = Farelo de mamona; F. gliricídia = Farelo de gliricídia. <sup>2</sup> Proporção de casca de café ou resíduo de cervejaria ou capim elefante em substituição ao farelo de trigo somando 60% da formulação. <sup>3</sup> Letras maiúsculas comparam linhas e minúsculas colunas, no teste de Scott-knott ( $p < 0,01$ ).

A disponibilização de N pode ser explicada pelas diferenças na relação C:N dos compostos fermentados. A adição de resíduo de cervejaria diminuiu a relação C:N dos compostos fermentados, com o valor mínimo de 8,48 e máximo de 15. Com a adição de casca de café e capim elefante a relação C:N aumentou, quando complementada com farelo de mamona, a relação C:N variou de 10,5, no composto padrão, para no máximo 14,9. Quando complementada com farelo de gliricídia, a relação C:N foi de 14,9 nos compostos com 60% de farelo de trigo e chegou a 20,8 na substituição completa do farelo de trigo. Indicando que a disponibilização de N dos compostos fermentados começa a ser afetada quando as relações C:N são maiores de 15.

Valores baixos de recuperação de N foram observados em compostos fermentados obtidos a partir da substituição completa do farelo de trigo por bagaço de cana e capim elefante, com relação C:N acima de 20 (OLIVEIRA, 2015; OLIVEIRA et al., 2014a). O teor de N e a relação C:N são apontados como os principais atributos relacionados à velocidade de decomposição de resíduos vegetais (KIEHL, 1985) e disponibilização de N por fertilizantes orgânicos (LEAL et al., 2010).

Considerando a caracterização química e dos ácidos orgânicos, não há uma relação entre a recuperação de N e aqueles compostos fermentados com vias fermentativas indesejáveis (baixo teor de ácido lático e pH alto). Tudo indica que as vias fermentativas interferem na qualidade do composto fermentado e na comunidade de microrganismos associada, mas não diretamente na disponibilização de N.



**Figura 16.** Recuperação de nitrogênio do milho fertilizado com ureia, farelo de mamona e compostos fermentados, preparados a partir da substituição gradual do farelo de trigo por casca de café (A), resíduo de cervejaria (B) ou capim elefante (C), complementado com farelo de mamona ou de glicerida.

\*Proporção de casca de café ou resíduo de cervejaria ou capim elefante em substituição ao farelo de trigo somando 60% da formulação; Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre barras pretas, no teste de Scott-knott ( $p < 0,01$ ).

Em relação à disponibilização de N, estudos aprofundados sobre as reações no sistema solo em decorrência das aplicações de compostos fermentados ainda são necessários. Ainda assim, algumas considerações são válidas. O composto fermentado é caracterizado pela presença de N predominantemente na forma de amônia ( $\text{NH}_4$ ), ao invés de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) (CHRISTEL, 2017; YAMADA; XU, 2001). Após a aplicação do composto no solo, o teor de  $\text{NH}_4$  nos solos tende a se elevar, seguido de volatilização e diminuição após algumas semanas. O  $\text{NO}_3$  que tende a se acumular no solo ou ser lixiviado (CHRISTEL, 2017).

Quando materiais vegetais são aplicados com compostos fermentados (Bokashi) a mineralização de N (BOECHAT; SANTOS; ACCIOLY, 2013) e a atividade microbiana do solo (LIMA, 2018; OLIVEIRA, 2015; SCOTTON et al., 2017) tendem a aumentar. O que implica no aumento da velocidade de decomposição da cobertura vegetal morta que pode ter efeitos positivos e negativos, o que depende do objetivo da cobertura vegetal morta empregada.

#### 4.5.7 Eficiência agrônômica de compostos fermentados no cultivo de hortaliças

##### 4.5.7.1 Efeito da incorporação de compostos fermentados, em doses crescentes, sobre atributos químicos do solo

A análise de variância dos atributos químicos do solo, sete dias após a incorporação, revelou interação significativa entre os fatores dose e composto fermentado (Tabela 14).

**Tabela 14.** Fósforo, potássio, cálcio e magnésio do solo sete dias após a incorporação de compostos fermentados em doses crescentes, nas condições da Baixada Fluminense.

Dose kg N ha <sup>-1</sup>	Composto fermentado <sup>1</sup>							
	CP <sup>2</sup>	FT+CF+FM	FT+CF+GL	FT+EL+FM	FT+EL+GL			Média
	<b>Fósforo disponível (g kg<sup>-1</sup>)</b>							
0	48,15 Da <sup>3</sup>	52,84 Ba	54,57 Ca	72,09 Ba	51,50 Aa	55,83 D		
100	86,80 Ca	68,21 Ba	67,41 Ca	71,96 Ba	71,82 Aa	73,24 C		
200	111,54 Ba	86,26 Ab	88,80 Bb	88,40 Bb	68,21 Ab	88,64 B		
400	190,20 Aa	107,26 Ab	141,76 Ab	179,11 Aa	64,33 Ac	136,53 A		
Média	99,17 a	77,24 b	78,11 b	80,24 a	66,27 c			
CV %	15,34							
	<b>Potássio trocável (g kg<sup>-1</sup>)</b>							
0	106,49 Ca	109,07 Ba	121,12 Da	173,55 Ba	97,51 Ba	121,54 D		
100	155,54 Cb	237,32 Aa	241,77 Ca	165,22 Bb	205,57 Aa	201,08 C		
200	242,96 Bb	238,85 Ab	402,99 Ba	225,20 Bb	210,89 Ab	264,18 B		
400	331,80 Ab	262,68 Ac	488,77 Aa	354,97 Ab	215,72 Ac	330,79 A		
Média	199,25 b	238,08 b	322,38 a	199,37 b	208,23 b			
CV %	17,33							
	<b>Cálcio trocável (g kg<sup>-1</sup>)</b>							
0	3,63 Aa	3,69 Aa	3,86 Aa	3,64 Aa	3,64 Aa	3,69 A		
100	3,93 Aa	3,59 Aa	3,43 Aa	3,81 Aa	3,70 Aa	3,69 A		
200	3,57 Aa	3,61 Aa	3,25 Aa	3,43 Aa	3,05 Ba	3,38 B		
400	3,49 Aa	3,17 Aa	3,62 Aa	3,64 Aa	3,47 Aa	3,48 B		
Média	3,60 a	3,60 a	3,52 a	3,64 a	3,55 a			
CV %	8,59							
	<b>Magnésio trocável (g kg<sup>-1</sup>)</b>							
0	1,70 Ba	1,43 Aa	1,47 Ba	1,43 Ba	1,46 Aa	1,50 C		
100	1,72 Ba	1,39 Aa	1,68 Ba	1,55 Ba	1,51 Aa	1,57 C		
200	1,79 Ba	1,58 Aa	1,96 Aa	1,67 Ba	1,27 Ac	1,65 B		
400	2,22 Ab	1,43 Ac	2,12 Ab	2,46 Aa	1,43 Ac	1,93 A		
Média	1,75 a	1,43 b	1,82 a	1,61 a	1,44 b			
CV %	9,39							

<sup>1</sup> Proporção padronizada com base em massa seca; CP (Composto padrão) – 60% farelo de trigo + 40% farelo de mamona; FT – 30% Farelo de trigo; CF – 30% Casca de café; EL – 30% Capim elefante; FM – 40% Farelo de mamona; GL – 40% Farelo de gliricídia. <sup>3</sup> Letras maiúsculas comparam linhas e minúsculas colunas, no teste de Scott-knott (p<0,01).

Houve maior acúmulo de fósforo, potássio e magnésio à medida que a dose incorporada de composto fermentado aumentou. Apenas para o teor de cálcio observou-se tendência contrária, com o maior teor nas doses de 0 kg N ha<sup>-1</sup> e 100 kg N ha<sup>-1</sup>. Apesar dos teores elevados de cálcio nos compostos fermentados com casca de café e capim elefante, em relação ao composto padrão, estes teores não se refletiram no aumento da concentração no solo, que variaram minimamente. O teor de P do solo após a incorporação do composto padrão foi superior aos demais compostos a partir da dose de 200 kg N ha<sup>-1</sup>.

O teor de K no solo foi superior após a incorporação do composto FT+CF+GL, principalmente a partir da dose de 100 kg N ha<sup>-1</sup>. O incremento em K dos compostos fermentados, a partir da utilização da casca de café e do farelo de gliricídia, foi um dos critérios para a escolha dos compostos testados no experimento de campo, assim, o incremento de K no solo foi positivo. Em experimento em condições de campo, testando dois compostos fermentados e 5 doses, houve resposta, linear crescente, altamente significativa das doses sobre o teor de C, N, P, K, Ca e Mg do solo independente do composto utilizado (OLIVEIRA et al., 2014a).

#### **4.5.7.2 Desempenho agrônomo de rúcula em função da incorporação de compostos fermentados em doses crescentes.**

Foram observadas interações significativas entre o fator composto fermentado e o fator dose, com respeito ao desenvolvimento de rúcula, para as variáveis fitotécnicas de área foliar, produtividade fresca e seca da parte aérea e produtividade seca radicular (Tabela 15).

Não foi observado efeito significativo para número de folhas. O coeficiente de variação foi alto para área foliar, possivelmente, em decorrência do murchamento das folhas no momento desta avaliação, assim não houve diferenças significativas entre os compostos. Independente do composto fermentado houve resposta ao efeito de doses.

A incorporação dos compostos com farelo de mamona resultou em incremento na produtividade da parte aérea e radicular, em comparação aos complementados com farelo de gliricídia. Este resultado pode estar relacionado à relação C:N estreita do composto padrão (12) e dos demais compostos com farelo de mamona (13,5), em comparação com a relação ampla dos compostos com farelo de gliricídia (15). Resíduos vegetais com alta relação C:N, quando incorporados ao solo, provocam imobilização do N da microbiota presente (SOUZA et al., 2008), além disso a baixa taxa de mineralização de N de resíduos com relação C:N ampla diminui o aproveitamento pela plantas (BOECHAT; SANTOS; ACCIOLY, 2013).

Para a área foliar, através da análise de regressão, observou-se que as doses aplicadas de FT+CF+FM foram mais bem ajustadas ao modelo polinomial quadrático e a aplicação do composto padrão e do composto FT+EL+FM obteve melhor ajuste no modelo linear crescente (Figura 17). Isto indica que as doses testadas para o composto padrão não atingiram o ponto de máxima resposta do crescimento de rúcula. Para o composto FT+CF+FM o ponto de máxima área foliar foi estimado com a aplicação de 291 kg N ha<sup>-1</sup>. Modelos não foram ajustados significativamente à incorporação dos compostos com farelo de gliricídia.

**Tabela 15.** Variáveis biológico-fitotécnicas de rúcula, submetida à fertilização com compostos fermentados em doses crescentes, nas condições da Baixada Fluminense.

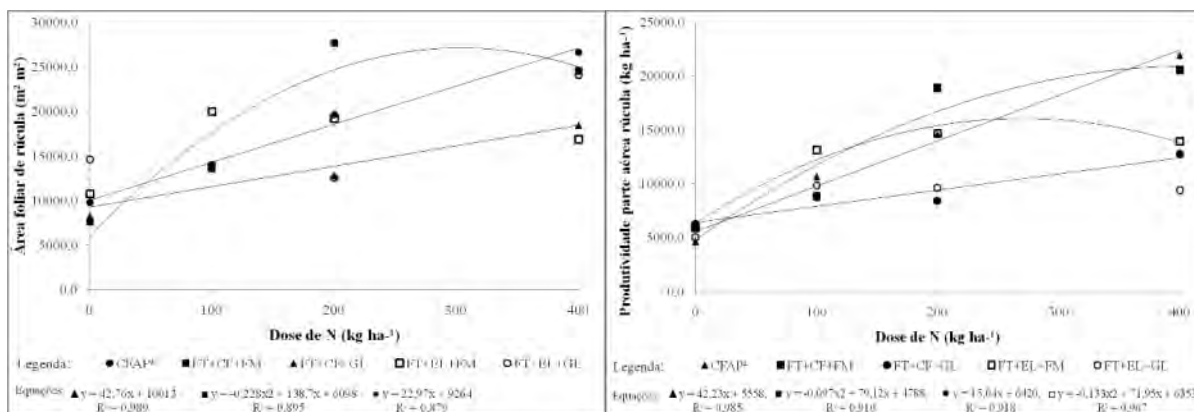
Dose <sup>1</sup> kg N ha <sup>-1</sup>	Composto fermentado				
	CP <sup>2</sup>	FT+CF+FM	FT+CF+GL	FT+EL+FM	FT+EL+GL
<b>Área foliar (cm<sup>2</sup>m<sup>-2</sup>)</b>					
0	9740,55 bA <sup>3</sup>	7594,06 bA	8257,47 aA	10753,66 aA	14615,78 aA
100	13918,96 bA	13696,34 bA	13610,38 aA	20007,44 aA	14009,66 aA
200	19665,89 aA	27695,10 aA	12798,03 aA	19215,24 aA	12547,56 aA
400	26660,04 aA	24525,02 aA	18470,95 aA	16893,53 aA	24119,20 aA
Média	16792,42 A	19110,68 A	13204,21 A	18054,38 A	14312,72 A
CV %	38,41				
<b>Produtividade fresca parte aérea (kg ha<sup>-1</sup>)</b>					
0	4596,80 dA	5867,73 bA	6295,33 bA	5996,00 bA	5019,07 bA
100	10669,60 cA	8852,93 bA	8750,13 bA	13170,27 aA	9811,47 aA
200	14598,40 bB	18888,27 aA	8441,33 bC	14702,00 aB	9591,60 aC
400	21936,13 aA	20543,20 aA	12725,33 aB	13943,87 aB	9361,33 aB
Média	12.634,00 A	13.870,60 A	8.595,73 B	13.557,07 A	9.476,47 B
CV %	21,99				
<b>Produtividade seca parte aérea (kg ha<sup>-1</sup>)</b>					
0	752,57 dA	981,69 bA	941,96 bA	952,65 bA	884,56 aA
100	1484,01 cB	1292,70 bB	1358,85 bA	1973,81 aA	1235,30 aB
200	2103,03 bB	2691,21 aA	1203,06 bC	2016,00 aB	1375,90 aC
400	2996,36 aA	2825,31 aA	1824,11 aB	1863,47 aB	1474,22 aB
Média	1793,52 A	1991,96 A	1280,95 B	1918,64 A	1305,60 B
CV %	19,56				
<b>Produtividade seca radicular (gm<sup>-2</sup>)</b>					
0	20,79 cA	24,01 bA	21,12 aA	22,32 bA	21,72 aA
100	25,52 bA	25,12 bA	23,65 aA	26,27 aA	22,25 aA
200	27,35 bA	28,59 aA	23,29 aB	26,60 aA	23,81 aB
400	29,76 aA	27,95 aA	23,53 aB	24,93 aB	23,93 aB
Média	26,43 A	26,53 A	23,41 B	25,60 A	23,03 B
CV %	7,91				

<sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca; <sup>2</sup> CP (Composto padrão) – 60% farelo de trigo + 40% farelo de mamona; FT – 30% Farelo de trigo; CF – 30% Casca de café; EL – 30% Capim elefante; FM – 40% Farelo de mamona; GL – 40% Farelo de gliricídia. <sup>3</sup> Letras minúsculas comparam linhas e maiúsculas colunas, no teste de Scott-knott (p<0,01).

A produtividade de rúcula respondeu as doses aplicadas de composto padrão e do composto FT+EL+FM de forma linear crescente. Infere-se que com as doses aplicadas não foi atingido o máximo de produtividade de rúcula. O melhor modelo ajustado para a incorporação de doses crescentes dos compostos com casca de café foi o polinomial quadrático, com máxima resposta da rúcula na dose de 385 kg N ha<sup>-1</sup> e 232 kg N ha<sup>-1</sup>, quando complementado com farelo de mamona e de gliricídia, respectivamente. A máxima produtividade do composto padrão foi superior à máxima produtividade dos demais compostos.

Apenas o composto FT+CF+FM resultou em máxima produtividade próxima ao composto padrão. Além disso, este composto concentra teores de K superiores ao do composto padrão, o que pode contribuir para balanços de nutrientes mais equilibrados. Destaca-se este composto como uma alternativa viável ao composto padrão.





**Figura 17.** Área foliar (esquerda), produtividade da parte aérea fresca (direita), submetida à fertilização com compostos fermentados em doses crescentes, nas condições da Baixada Fluminense.

Para o acúmulo de N, P, K, Ca e Mg da parte aérea de rúcula houve efeito interativo significativo entre os compostos fermentados e doses incorporadas (Tabela 16). A fertilização com os compostos com farelo de mamona acumulou mais N, K, Ca e Mg na parte aérea da rúcula, pela média das doses, do que os compostos com farelo de gliricídia. Os compostos FT+CF+FM acumularam mais P, e não K como esperado, que o composto padrão e os compostos com capim elefante.

Osteores de N do composto padrão e dos compostos com farelo de mamona, em função das doses, se ajustaram melhor ao modelo linear crescente. Os compostos com farelo de gliricídia se ajustaram ao modelo polinomial quadrático (Figura 18). O acúmulo de N no composto padrão e no FT+CF+FM foi consideravelmente superior aos demais, coincidindo com os resultados do ensaio de recuperação de N pelas plantas de milho (Figura 16).

De fato, o composto padrão foi ajustado no modelo linear crescente e obteve o maior acúmulo para todos os nutrientes (Figura 18). O composto FT+CF+FM equiparou-se ao composto padrão em relação ao acúmulo de N, P, Ca e Mg. A incorporação dos demais compostos resultou em acúmulos inferiores para todos os nutrientes. Em concordância com os argumentos expostos sobre a alta relação C:N dos compostos com capim elefante e gliricídia, o que influencia na disponibilização de nutrientes e conseqüente absorção pelas plantas.

Em relação ao K, era esperado que o acúmulo desse nutriente fosse superior em alguns compostos fermentados com casca de café, pelo incremento observado no solo. Porém, isto não se refletiu no acúmulo de K nas plantas de rúcula, em que o composto padrão foi significativamente superior aos demais. Observando as curvas de regressão, nota-se que os resultados da incorporação dos compostos com casca de café foram mais bem ajustados ao modelo polinomial quadrático, com acúmulo máximo na dose de 282 kg N ha<sup>-1</sup> e 228 kg N ha<sup>-1</sup>, quando complementado com farelo de mamona e de gliricídia, respectivamente.

As incorporações dos compostos complementados com farelo de gliricídia resultaram em teores de nutrientes do solo, variáveis biológica-fitotécnicas e acúmulo de nutrientes sempre inferiores aos compostos com farelo de mamona. Compostos fermentados similares preparados com farelo de gliricídia também resultaram em menor produtividade e acúmulo de nutrientes nas culturas de alface e rúcula, em experimento na Fazendinha Agroecológica Km 47 (OLIVEIRA, 2015).

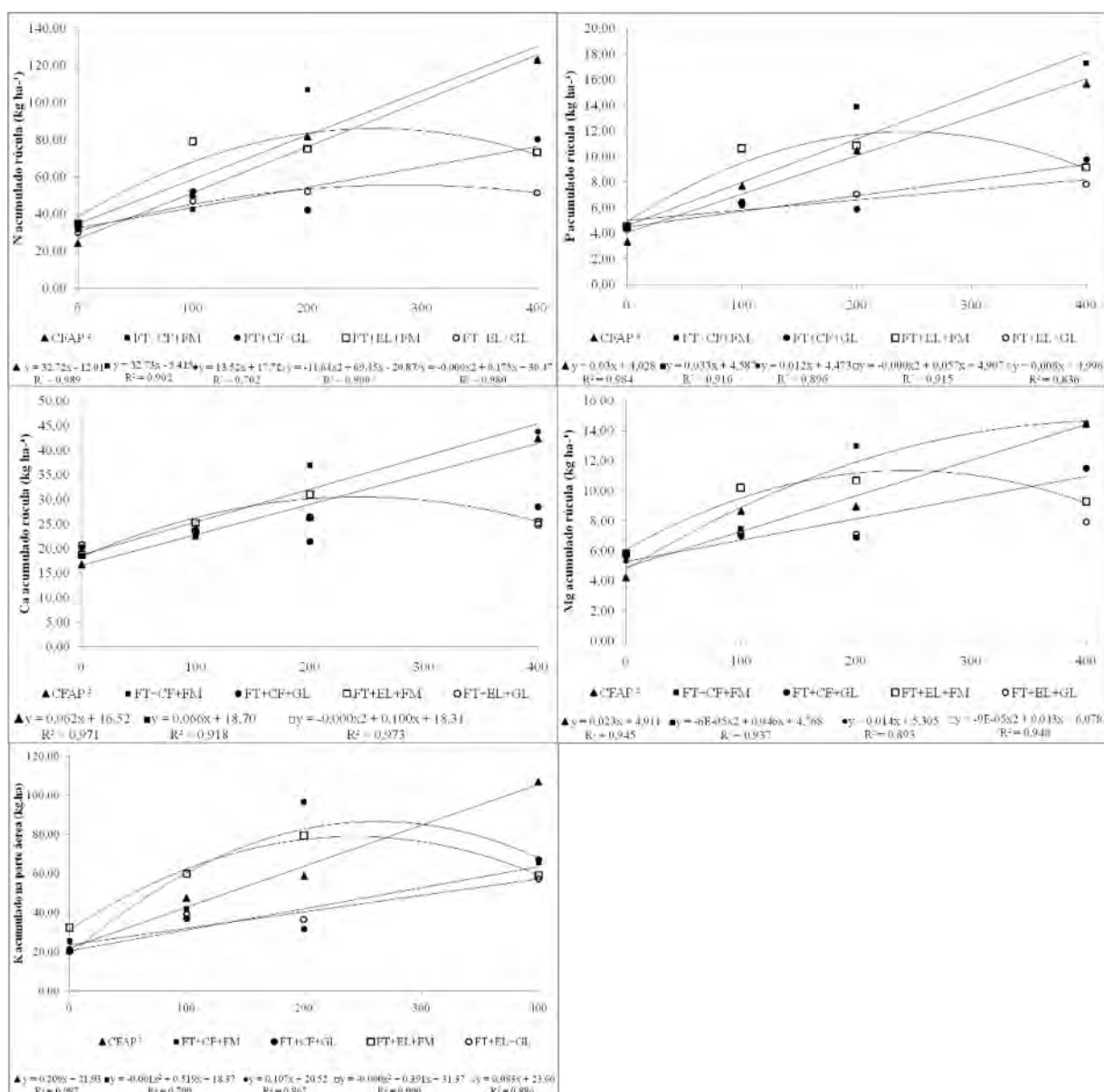
**Tabela 16.** Acúmulo de fósforo, potássio, cálcio e magnésio na parte área de rúcula, submetida à fertilização com compostos fermentados em doses crescentes, nas condições da Baixada Fluminense.

Dose <sup>1</sup> kg N ha <sup>-1</sup>	Composto fermentado								Média			
	CP <sup>2</sup>	FT+CF+FM	FT+CF+GL	FT+EL+FM	FT+EL+GL							
<b>Nitrogênio acumulado (kg ha<sup>-1</sup>)</b>												
0	24,13	Da <sup>3</sup>	34,50	Ba	31,85	Ba	34,38	Ba	29,75	Aa	30,92	D
100	50,64	Cb	42,20	Ba	51,99	Bb	79,10	Ab	46,86	Ab	54,16	C
200	81,52	Bb	106,91	Aa	42,03	Bc	75,04	Ab	51,75	Ac	71,45	B
400	122,93	Aa	122,03	Aa	80,25	Ab	73,18	Ab	51,37	Ac	89,95	A
Média	66,08	a	74,56	a	47,01	b	74,11	a	49,11	b	62,17	
CV %	19,45											
<b>Fósforo acumulado (kg ha<sup>-1</sup>)</b>												
0	3,32	Da	4,47	Ca	4,61	Ba	4,48	Ba	4,34	Ba	4,24	D
100	7,69	Cb	6,48	Ca	6,21	Bb	10,62	Ab	6,37	Ab	7,47	C
200	10,46	Bb	13,84	Ba	5,89	Bc	10,85	Ab	7,06	Ac	9,62	B
400	15,66	Aa	17,25	Aa	9,77	Ab	9,17	Ab	7,84	Ab	11,94	A
Média	9,07	b	10,16	a	6,05	c	9,89	b	6,71	c	8,38	
CV %	17,80											
<b>Potássio acumulado (kg ha<sup>-1</sup>)</b>												
0	20,98	Ca	25,23	Da	21,31	Ba	32,29	Ca	20,16	Ca	23,99	D
100	47,47	Bb	42,16	Cb	37,13	Bb	60,04	Ba	39,27	Bb	45,21	C
200	58,77	Bc	96,44	Aa	31,76	Bd	79,35	Ab	36,65	Bd	60,59	B
400	107,00	Aa	65,67	Bb	67,31	Ab	58,96	Bb	57,31	Ab	71,25	A
Média	53,12	a	53,92	a	34,45	b	59,50	a	37,96	b		
CV %	19,18											
<b>Cálcio acumulado (kg ha<sup>-1</sup>)</b>												
0	16,71	Ba	18,59	Ba	20,16	Aa	18,71	Aa	20,69	Aa	18,97	D
100	24,22	Ba	22,35	Ba	22,84	Aa	25,20	Aa	23,57	Aa	23,64	C
200	26,33	Ba	36,83	Aa	21,35	Ab	30,90	Ab	26,19	Ab	28,32	B
400	42,30	Aa	43,76	Aa	28,45	Ab	25,28	Ab	24,79	Ab	32,92	A
Média	25,27	a	29,59	a	22,10	b	25,24	a	24,18	b		
CV %	25,74											
<b>Magnésio acumulado (kg ha<sup>-1</sup>)</b>												
0	4,24	Ca	5,31	Ba	5,72	Ba	5,83	Ba	5,72	Aa	5,37	D
100	8,66	Bb	7,45	Bb	6,99	Bb	10,17	Aa	7,19	Ab	8,09	C
200	8,95	Bb	13,00	Aa	6,89	Bb	10,70	Aa	7,11	Ab	9,33	B
400	14,45	Aa	14,46	Aa	11,50	Ab	9,26	Ac	7,94	Ac	11,52	A
Média	8,80	a	10,23	a	6,94	b	9,72	a	7,15	b		
CV %	16,74											

<sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca; <sup>2</sup> CP (Compostopadrão) – 60% farelo de trigo + 40% farelo de mamona; FT – 30% Farelo de trigo; CF – 30% Casca de café; EL – 30% Capim elefante; FM – 40% Farelo de mamona; GL – 40% Farelo de gliricídia. <sup>3</sup> Letras maiúsculas comparam linhas e minúsculas colunas, no teste de Scott-knott (p<0,01).

Considerando o Módulo de cultivo (primeiro capítulo desta tese), a diminuição pela metade no consumo de farelo de trigo ocasionaria uma leve queda na produtividade das culturas, mas teria resultado vantajoso sob a perspectiva econômica, com a redução do custo com a fertilização do sistema e diminuição da dependência do agroecossistema a fontes

externas. A substituição completa do farelo de mamona reduziria mais ainda os custos, porém a produtividade das culturas seria mais impactada.

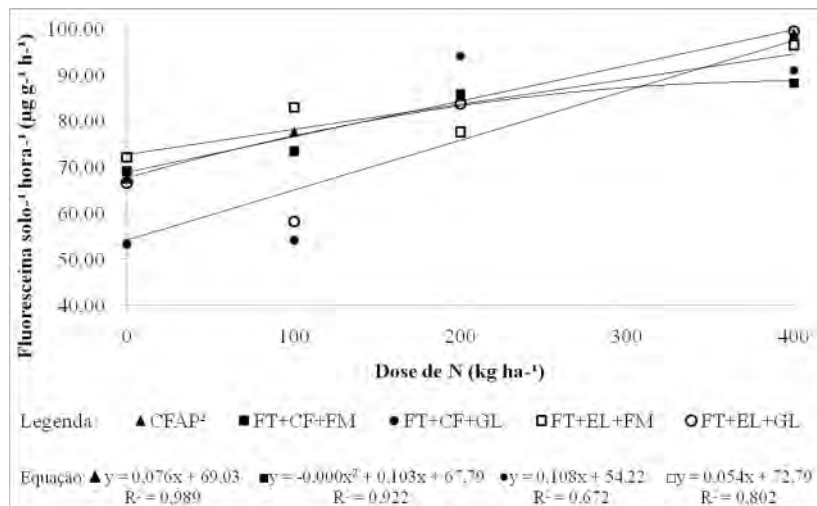


**Figura 18.** Acumulo de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e potássio na parte área de rúcula submetida à fertilização com compostos fermentados em doses crescentes, nas condições da Baixada Fluminense.

<sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca; <sup>2</sup> CP (Composto padrão) – 60% farelo de trigo + 40% farelo de mamona; FT – 30% Farelo de trigo; CF – 30% Casca de café; EL – 30% Capim elefante; FM – 40% Farelo de mamona; GL – 40% Farelo de glirícidia.

#### 4.5.7.3 Efeito da incorporação de compostos fermentados, em doses crescentes, sobre atributos biológicos do solo

A análise de variância mostrou efeito significativo entre o composto fermentado e a dose aplicada para os atributos biológicos do solo, sendo eles, a atividade enzimática, mensurada pela hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA), o carbono da biomassa microbiana (C-BM) e o nitrogênio da biomassa microbiana (N-BM) (Figura 19 e 20).

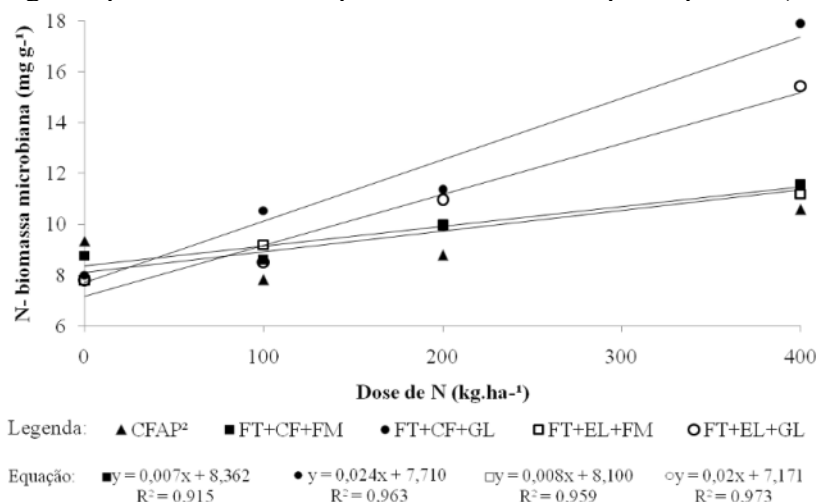


**Figura 19.** Atividade enzimática da hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) em função de doses crescentes de compostos fermentados, 50 dias após a incorporação no solo, nas condições da Baixada Fluminense.

Em relação a FDA, o efeito das doses resultou no melhor ajuste pela equação linear crescente para o composto padrão, o composto FT+CF+GL e o composto FT+EL+FM, e equação polinomial quadrática para FT+CF+FM. O composto FT+EL+GL não foi significativamente ajustado aos modelos testados (Figura 19). Em trabalho desenvolvido na Fazendinha agroecológica Km 47 testando o efeito da incorporação de 5 doses de composto padrão, o modelo que melhor ajustou-se foi o cúbico, com ponto de máxima próximo a dose de 70 kg N ha<sup>-1</sup> e ponto de mínimo próximo a dose de 280 kg N ha<sup>-1</sup> (LIMA, 2018).

A FDA indica a atividade microbiana global do solo (SCHNÜRER; ROSSWALL, 1982), os valores na dose de 400 kg N ha<sup>-1</sup> condizem com os obtidos com a incorporação de 50, 100 e 400 kg N ha<sup>-1</sup> de composto padrão (LIMA, 2018) e compostos de lixo urbano na dose de 90 kg N ha<sup>-1</sup> (PERUCCI, 1992). Foram poucas diferenças observadas entre as curvas, não sendo possível inferir diferenças entre os compostos.

Para o C-BM, houve efeito linear decrescente para o composto FT+CF+TM, nos demais compostos não houve interações significativas. Para o N-BM, houve resposta linear crescente às doses empregadas para todos os compostos, exceto o composto padrão (Figura 20).



**Figura 20.** Nitrogênio da biomassa microbiana em função de doses crescentes de compostos fermentados, 50 dias após a incorporação no solo, nas condições da Baixada Fluminense.

O maior incremento no N-BM ocorreu nos compostos fermentados com capim elefante, anteriormente, estes compostos não haviam se sobressaído aos demais em relação ao teor de nutrientes do solo, nas variáveis biológica-fitotécnicas e no acúmulo de nutrientes das plantas de rúcula. Este aumento do N-BM pode ser um possível efeito da disponibilização mais lenta dos nutrientes por compostos fermentados com relação C:N ampla, resultado positivo quando se objetiva a disponibilização mais lenta dos nutrientes do fertilizante e o cultivo de plantas de ciclo longo.

Possivelmente a baixa variação nas variáveis biológicas do solo deve-se a amostragem ter sido realizada apenas 50 dias após a incorporação dos compostos fermentados ao solo. Em outros trabalhos a amostragem era realizada 7 a 10 dias após a incorporação dos compostos fermentados, com respostas significativas a diferentes formulações e doses empregadas (BAUTISTA-CRUZ et al., 2014; LASMINI et al., 2018; LIMA, 2018; OLIVEIRA, 2015; SCOTTON et al., 2017).

#### 4.5.7.4 Desempenho agrônômico de alface na sucessão de rúcula em função da incorporação de compostos fermentados em doses crescentes.

Foram observadas interações significativas entre o fator composto fermentado e o fator dose para a variável área foliar. E efeito significativo das doses sob a produtividade fresca da parte aérea de alface (Tabela 17).

**Tabela 17.** Variáveis biológico-fitotécnicas de alface na sucessão de rúcula, submetida à fertilização com compostos fermentados em doses crescentes, nas condições da Baixada Fluminense.

Dose kgN ha <sup>-1</sup>	Composto fermentado									
	CP <sup>2</sup>	FT+CF+FM	FT+CF+GL	FT+EL+FM	FT+EL+GL					
<b>Área foliar (m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup>)</b>										
0	15379,51	Ab	13254,95	Aa	13333,41	Aa	10845,23	Ab	12981,43	Aa
100	13101,88	Ab	15037,71	Aa	14257,79	Aa	15474,44	Aa	14377,44	Aa
200	24982,60	Aa	13034,55	Ba	13983,81	Ba	19324,67	Aa	16275,49	Ba
400	14760,43	Ab	19007,29	Aa	15219,59	Aa	9721,21	Ab	16679,39	Aa
Média	15.069,97		14.146,33		14.120,80		13.159,83		15.326,47	
CV %	30,78									
<b>Produtividade fresca parte aérea (kg ha<sup>-1</sup>)</b>										
0	14212,17	a	13245,00	a	12174,33	a	11123,67	b	12407,33	a
100	13846,67	a	14292,00	a	14480,33	a	15003,17	a	14045,33	a
200	16570,33	a	12181,17	a	13748,00	a	17876,17	a	15273,97	a
400	13792,50	a	15559,83	a	14394,17	a	9337,00	b	16283,17	a
Média	14.029,42		13.768,50		14.071,08		13.063,42		14.659,65	
CV %	26,52									

<sup>1</sup>Proporções padronizadas com base no teor de massa seca; <sup>2</sup> CP (Composto padrão) – 60% farelo de trigo + 40% farelo de mamona; FT – 30% Farelo de trigo; CF – 30% Casca de café; EL – 30% Capim elefante; FM – 40% Farelo de mamona; GL – 40% Farelo de gliricídia. <sup>3</sup> Letras minúsculas comparam linhas e maiúsculas colunas, no teste de Scott-knott (p<0,01).

Não foi observado efeito significativo para o número de folhas e produtividade seca da parte aérea de alface. De modo geral as alterações na área foliar foram pequenas, entre os compostos fermentados foi observada diferença significativa, na dose de 200 kg N ha<sup>-1</sup>, em que os compostos com casca de café foram inferiores aos demais. Entre doses, diferenças foram observadas no composto padrão, em que a área foliar foi superior na dose de 200 kg N ha<sup>-1</sup> em relação às demais doses. Este resultado diverge do observado nas variáveis de rúcula,

onde a resposta às doses foi linear e a máxima resposta das plantas de rúcula foi limitada pela máxima dose.

Em relação à produtividade da parte aérea da alface foi observada diferença significativa apenas no composto FT+EL+FM, em que a dose de 100 e 200 kg N ha<sup>-1</sup> superou as demais doses. Trabalhos estudando a resposta da incorporação de compostos fermentados no cultivo em sucessão de hortaliças obtiveram respostas significativas no segundo cultivo (FONSECA et al., 2014; OLIVEIRA, 2015; OLIVEIRA et al., 2009; SUTHAMATHY; SERAN, 2013) e terceiro cultivo em sucessão (VIDIGAL et al., 1995). Devido à baixa resposta significativa das variáveis fitotécnicas da alface, testes de regressão simples não foram aplicados e os nutrientes na parte aérea não foram analisados.

No momento de condução do experimento notou-se que as plantas de alface não se desenvolviam plenamente, com sinais de pendoamento, devido às condições climáticas do período estudado (excesso de chuvas e dias nublados). Além disso, a época de plantio da alface foi tardia, de acordo com o preconizado pela própria Fazendinha Agroecológica Km 47 e praticado no Módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças. Comparando a produtividade de alface deste experimento (14 Mg ha<sup>-1</sup>) com a média dos cultivos de alface crespa do Módulo de cultivo (26 Mg ha<sup>-1</sup>), nota-se como o cultivo em alface em sucessão á rúcula não foi satisfatório.

## 4.6 CONCLUSÕES

Neste estudo foi demonstrado que as matérias primas vegetais estudadas, sendo elas o farelo de trigo, a casca de café, o resíduo de cervejaria, o capim elefante, o farelo de mamona e o farelo de gliricídia, podem ser utilizadas para a produção de compostos fermentados. Especificamente, quando a umidade para o preparo do composto é de aproximadamente 40%.

A caracterização química dos compostos destacou o aumento dos teores de K e Ca com a adição de casca de café e capim elefante e aumento nos teores de N e Ca com a adição de resíduo de cervejaria.

O nível de pH foi um eficiente indicador do processo fermentativo dos compostos, em correlação com os ácidos orgânicos produzidos (lático, acético, etanol e butírico). O processo fermentativo considerado ideal para a produção do composto resulta em um pH ácido (em torno de 4-5) e na produção de ácido lático. A ocorrência de pH básico e de acidobutírico, indica que outros microrganismos e processos fermentativos não desejáveis ocorreram. Seguindo estes critérios, os compostos fermentados formulados com apenas casca de café ou capim elefante complementados com farelo de mamona não são recomendados.

Todos os compostos fermentados preparados com farelo de gliricídia, apesar dos menores teores de nutrientes, apresentaram boas características fermentativas e uma comunidade bacteriana mais rica e diversa, do que os compostos com farelo de mamona. A caracterização da comunidade bacteriana indicou a presença de bactérias prejudiciais e benéficas presentes nos compostos fermentados, a depender da matéria prima empregada. Em todos compostos fermentados a ordem Lactobacillales predominou, independente da matéria prima. Foram identificadas ordens de bactérias patogênicas e fitopatogênicas, assim como, bactérias fixadoras de N e promotoras de crescimento vegetal nos compostos com farelo de gliricídia e casca de café.

Compostos fermentados com relações C:N de 15 ou superiores disponibilizaram menos N do que os compostos fermentados com relação C:N baixa. Os compostos com farelo de mamona e resíduo de cervejaria disponibilizaram aproximadamente 50% do N.

A incorporação dos compostos fermentados, em doses crescentes, resultou no aumento dos teores de nutrientes do solo, da área foliar, produtividade e acúmulo de nutrientes nas plantas de rúcula. O composto com casca de café e farelo de mamona foi o melhor composto alternativo ao composto padrão. No cultivo de alface em sucessão houve menores diferenças entre as doses e tipos de compostos incorporados nas variáveis avaliadas.

O resíduo de cervejaria mostrou grande potencial de uso pelos resultados da caracterização e disponibilização de N, é preciso realizar experimentos em condições de campo para avaliar a eficiência agrônômica destas formulações. Recomenda-se a continuidade de estudos que caracterizem e avaliem a eficiência de formulações de compostos fermentados utilizando diferentes matérias primas. Também se recomenda o planejamento de experimentos que levem em consideração a concentração de carbono e nitrogênio das matérias primas para a formulação de compostos fermentados com relação C:N menores que 15.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos propostos pelo trabalho foram atingidos, ao passo que foi possível demonstrar a contribuição da fertilização de origem vegetal para a sustentabilidade agroeconômica e a qualidade do solo de um sistema de produção orgânico diversificado de hortaliças, nas condições da Baixada Fluminense. Os resultados aqui apresentados fazem parte de uma série histórica, iniciada em 2010, do experimento de longa duração conhecido como “Módulo de cultivo orgânico diversificado de hortaliças”, localizado na Fazendinha Agroecológica Km 47. Recomenda-se que este experimento continue a ser avaliado e aprimorado, para isto, diversas indicações foram apresentadas quanto ao manejo do solo, das culturas, da fertilização e também quanto aos indicadores de sustentabilidade empregados.

Destaca-se que, os resultados econômicos do Módulo de cultivo demonstram que os sistemas de produção orgânica, e as bases científicas da agroecologia, são viáveis financeiramente e geram renda e qualidade de vida para os agricultores, garantindo altas produtividades, alimentos com qualidade e mantendo e melhorando a qualidade dos solos e do ambiente. Ficando clara a importância dos canais de comercialização que valorizam a qualidade do alimento e o agricultor (como as feiras e mercados institucionais) para estimular a conversão de sistemas de produção convencionais para sistemas de produção de base ecológica. Todos os resultados positivos e negativos obtidos pelo modelo de produção proposto recebem maior destaque, pois, se baseiam no uso exclusivo de fontes vegetais para fertilização (ao contrário da maior parte dos sistemas orgânicos de produção) e está localizado em uma região com sérias limitações produtivas de clima e solo.

A cromatografia de Pfeiffer mostrou-se uma análise integrada da qualidade do solo, foram relacionados os padrões dos cromatogramas com outros indicadores de qualidade do solo, atributos do solo e cultivos.

Foram utilizados pela primeira vez, e de forma inovadora, equipamentos e metodologias para caracterizar os compostos fermentados. Foi possível compreender melhor o processo de fermentativo que forma o composto. Entender a interação entre as condições ambientais do preparo e o material de origem empregado como nutrientes, o pH, as vias metabólicas e a comunidade bacteriana resultantes deste processo. O que resultou em recomendações para a preparação dos compostos, em indicadores da qualidade do processo fermentativo (em especial o pH), em proporções recomendadas para as matérias primas vegetais e em indicações para a continuidade dos estudos. Além disso, a disponibilização de N e a eficiência de alguns compostos fermentados foram demonstradas no cultivo de hortaliças folhosas em sucessão. A partir destes resultados, recomenda-se o uso destes compostos fermentados por agricultores e o aprimoramento da formulação atualmente empregada no Módulo de cultivo, objetivando a diminuição dos custos de produção e o aproveitamento de materiais produzidos na própria unidade agrícola, mantendo a eficiência como fertilizante orgânico.



## 6REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 35, n. 2–3, p. 121–150, 1991.
- ABEGAZ, A.; WINOWIECKI, L. A.; VÅGEN, T.-G.; LANGAN, S.; SMITH, J. U. Spatial and temporal dynamics of soil organic carbon in landscapes of the upper Blue Nile Basin of the Ethiopian Highlands. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 218, n. Supplement C, p. 190–208, 15 fev. 2016.
- AKHTAR, M.; MAHMOOD, I. Control of plantparasitic nematoides wi thorganic and inorganic amend-ments in agricultural soil. **Applied Soil Ecology**, v. 4, p. 243–247, 1996.
- ALFREIDER, A.; PETERS, S.; TEBBE, C. C.; RANGGER, A.; INSAM, H. Microbial Community Dynamics During Composting of Organic Matter as Determined by 16S Ribosomal DNA Analysis. **Compost Science & Utilization**, v. 10, n. 4, p. 303–312, 1 set. 2002.
- ALMEIDA, D. DE; RIBEIRO, R. L. D.; GUERRA, J. G. M. Sistema de Produção Agroecológico (“Fazendinha” Agroecológica KM 47). Agricultura Ecológica. **2º Simpósio de Agricultura Orgânica e 1º Encontro de Agricultura Orgânica. Guaíba: Agropecuária, 398p**, 1999.
- ALMEIDA, L. DA S.; GUIMARÃES, E. C. Geostatistics and exploratory factor analysis for spacial representation of soil chemical attributes in coffee growing. **Coffee Science**, v. 11, n. 2, p. 195–203, 2016.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Porto alegre, RS: Ed. Agropecuária Guaíba, 2002.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVES, B. J. R.; SANTOS, J. DOS; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Métodos de determinação do nitrogênio em solo e planta. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola. Brasília: Embrapa-SPI**, p. 449–469, 1994.
- ALVES FERREIRA, D.; CARBONE CARNEIRO, M. A.; SAGGIN JUNIOR, O. J. Fungos micorrízicos arbusculares em um Latossolo Vermelho sob manejos e usos no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 36, n. 1, 2012.
- ANDRIST-RANGEL, Y.; EDWARDS, A. C.; HILLIER, S.; ÖBORN, I. Long-term K dynamics in organic and conventional mixed cropping systems as related to management and soil properties. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 122, n. 4, p. 413–426, 2007.
- ARAÚJO, E. DA S. **Validação do modelo NUTMON para o diagnóstico do manejo agrícola: Estudo em duas propriedades familiares do Rio de Janeiro**. Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo.—Seropédica -RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.
- ASSIS, R. L. DE. Desenvolvimento rural sustentável no Brasil: perspectivas a partir da integração de ações públicas e privadas com base na agroecologia. **Economia Aplicada**, v. 10, n. 1, p. 75–89, mar. 2006.

- BAHRAM, M.; PEAY, K. G.; TEDERSOO, L. Local-scale biogeography and spatiotemporal variability in communities of mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v. 205, n. 4, p. 1454–1463, 1 mar. 2015.
- BAIANO, S.; MORRA, L. Changes in Soil Organic Carbon After Five Years of Biowaste Compost Application in a Mediterranean Vegetable Cropping System. **Pedosphere**, v. 27, n. 2, p. 328–337, 1 abr. 2017.
- BAINARD, L. D.; CHAGNON, P.-L.; CADE-MENUN, B. J.; LAMB, E. G.; LAFORGE, K.; SCHELLENBERG, M.; HAMEL, C. Plant communities and soil properties mediate agricultural land use impacts on arbuscular mycorrhizal fungi in the Mixed Prairie ecoregion of the North American Great Plains. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 249, n. Supplement C, p. 187–195, 1 nov. 2017.
- BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Humic acids. **Revista Ceres**, v. 61, p. 856–881, 2014.
- BAR-YOSEF, B.; MAGEN, H.; JOHNSTON, A. E.; KIRKBY, E. A. Potassium fertilization: paradox or K management dilemma? **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 30, n. 2, 2015.
- BAUTISTA-CRUZ, A.; CRUZ DOMÍNGUEZ, G.; MENDOZA, R.; NIEVES, M. DE LAS; PÉREZ PACHECO, R.; ROBLES, C. Efecto de la adición de compost y fertilizantes de liberación lenta en la bioquímica del suelo y el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) en Oaxaca, México. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo**, v. 46, n. 1, p. 0–0, jun. 2014.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Dinâmica e função da matéria orgânica**. Porto Alegre: Metropole, 2008.
- BELCHER, K. W.; BOEHM, M. M.; FULTON, M. E. Agroecosystem sustainability: a system simulation model approach. **Agricultural Systems**, v. 79, n. 2, p. 225–241, 1 fev. 2004.
- BELL, R. W.; SENG, V. The management of agro-ecosystems associated with sandy soils. 2007.
- BELTRÃO, N. E. M. **Torta de Mamona (*Ricinus communis* L.): Fertilizante e Alimento** Embrapa Algodão, , 2003.
- BERRUTI, A.; LUMINI, E.; BALESTRINI, R.; BIANCIOTTO, V. Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: let's benefit from past successes. **Frontiers in microbiology**, v. 6, p. 1559, 2016.
- BERRY, P. M.; STOCKDALE, E. A.; SYLVESTER-BRADLEY, R.; PHILIPPS, L.; SMITH, K. A.; LORD, E. I.; WATSON, C. A.; FORTUNE, S. N. P and K budgets for crop rotations on nine organic farms in the UK. **Soil use and management**, v. 19, n. 2, p. 112–118, 2003.
- BERTALOT, M. J. A.; GUERRINI, I. A.; MENDOZA, E.; PINTO, M. S. V. Análise econômica da produção de milho (*Zea mays*) sob sistema agroflorestal e tradicional. **Ceres**, v. 55, n. 5, 2015.
- BERTI, A.; MARTA, A. D.; MAZZONCINI, M.; TEI, F. An overview on long-term agro-ecosystem experiments: Present situation and future potential. **European Journal of Agronomy**, v. 77, n. Supplement C, p. 236–241, 1 jul. 2016.

- BEZERRA, L. P. **Implantação de sistemas agroflorestais na agricultura familiar: um caminho para a transição agroecológica**. Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural—Araras-SP: Universidade Federal de São Carlos, 2018.
- BHATTI, A. U.; MULLA, D. J.; FRAZIER, B. E. Estimation of soil properties and wheat yields on complex eroded hills using geostatistics and thematic mapper images. **Remote Sensing of Environment**, v. 37, n. 3, p. 181–191, 1991.
- BIANCARDI, C. C. S.; RODRIGUES, R.; SIQUEIRA, H. M. DE; CARNEIRO, J. J.; FERNANDES, M. A. Viabilidade econômica da produção familiar de alimentos para os mercados institucionais de Alegre-ES. **Extensão Rural**, v. 24, n. 2, p. 85–101, 18 jul. 2017.
- BOECHAT, C. L.; SANTOS, J. A. G.; ACCIOLY, A. M. DE A. Net mineralization nitrogen and soil chemical changes with application of organic wastes with “Fermented Bokashi Compost”. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 2, p. 257–264, jun. 2013.
- BONATO, S. V. **MÉTODO PARA GESTÃO DE RESÍDUOS NA CADEIA CERVEJEIRA DO RIO GRANDE DO SUL**. Dissertação de mestrado—Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.
- BOWLES, T. M.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; CALDERÓN, F.; JACKSON, L. E. Soil enzyme activities, microbial communities, and carbon and nitrogen availability in organic agroecosystems across an intensively-managed agricultural landscape. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 68, n. Supplement C, p. 252–262, 1 jan. 2014.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical biochemistry**, v. 72, n. 1–2, p. 248–254, 1976.
- BRITO, A. M. DE; GAGNE, S.; ANTOUN, H. Effect of compost on rhizosphere microflora of the tomato and on the incidence of plant growth-promoting rhizobacteria. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 61, n. 1, p. 194–199, 1 jan. 1995.
- BRODT, S.; SIX, J.; FEENSTRA, G.; INGELS, C.; CAMPBELL, D. Sustainable agriculture. **Nature Education Knowledge**, v. 3, n. 10, p. 1, 2011.
- 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 and biochemistry**, v. 17, n. 6, p. 837–842, 1985.
- BRUMFIELD, R. G.; RIMAL, A.; REINERS, S. Comparative Cost Analyses of Conventional, Integrated Crop Management, and Organic Methods. **HortTechnology**, v. 10, n. 4, p. 785–793, 1 jan. 2000.
- BRUNDRETT, M. C. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. **New phytologist**, v. 154, n. 2, p. 275–304, 2002.
- BRUNDRETT, M. C. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. **Plant and Soil**, v. 320, n. 1–2, p. 37–77, 2009.
- BRUNDRETT, M. C. Global diversity and importance of mycorrhizal and nonmycorrhizal plants. In: **Biogeography of mycorrhizal symbiosis**. [s.l.] Springer, 2017. p. 533–556.
- BULLUCK, L. R.; BROSIUS, M.; EVANYLO, G. K.; RISTAINO, J. B. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. **Applied Soil Ecology**, v. 19, n. 2, p. 147–160, 1 fev. 2002.

- CAIXETA FILHO, J. V. Losses in the transportation of fruits and vegetables: a Brazilian case study. **International Journal of logistics: Research and applications**, v. 2, n. 3, p. 325–341, 1999.
- CALLAHEN, B. J.; MCMURDIE, P.; ROSEN, M. J.; HAN, A. W.; JOHNSON, A. J. DADA2: High-resolution sample inference from illumina amplicon data. **Nature Methods**, v. 13, n. 7, p. 581, 2016.
- CAMARGO, F. DE O.; SANTOS, G. DE; GUERRA, J. G. M. Macromoléculas e substâncias húmicas. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Gênese**, p. 27–39, 1999.
- CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil science society of America journal**, v. 56, n. 3, p. 777–783, 1992.
- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; NOVAK, J. M.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-Scale Variability of Soil Properties in Central Iowa Soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, n. 5, p. 1501–1511, 10/01 1994.
- CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. **Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. Campos dos Goytacazes: Ed. do Autor, 2005.
- CAPORASO, J G; LAUBER, C. L.; WALTERS, W. A.; BERG-LYONS, D.; HUNTLEY, J.; FIERER, N.; OWENS, S. M.; BETLEY, J.; FRASER, L.; BAUER, M.; GORMLEY, N.; GILBERT, J.; SMITH, G.; KNIGHT, R. Ultra-high-throughput microbial community analysis on the Illumina HiSeq and MiSeq platforms. **ISME Journal**, v. 6, p. 1621–1624, 2012.
- 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.
- CARVALHO, G. G. P. DE; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; AZEVÊDO, J. A. G.; FERNANDES, F. É. P.; PEREIRA, O. G. Valor nutritivo e características fermentativas de silagens de capim-elefante com adição de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1875–1881, dez. 2007.
- CARVALHO, J. R. P. DE; SILVEIRA, P. M. DA; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1151–1159, 1 ago. 2002.
- CASSEL, D. K.; WENDROTH, O.; NIELSEN, D. R. Assessing Spatial Variability in an Agricultural Experiment Station Field: Opportunities Arising from Spatial Dependence. **Agronomy Journal**, v. 92, n. 4, p. 706–714, 1 jul. 2000.
- CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. DE. Spatial variability of MO, P, K and CTC of soil under different use and management conditions. **Ciência Rural**, v. 37, n. 2, p. 394–400, abr. 2007.
- CERRATO, M. E.; LEBLANC, H. A.; KAMEKO, C. Potencial de mineralización de nitrógeno de Bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad Earth. **Tierra Tropical**, v. 3, n. 2, p. 183–197, 2007.
- CHAN, K. Y. Consequences of changes in particulate organic carbon in vertisols under pasture and cropping. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 5, p. 1376–1382, 1997.
- CHAUDHARY, V. B.; O'DELL, T. E.; RILLIG, M. C.; JOHNSON, N. C. Multiscale patterns of arbuscular mycorrhizal fungal abundance and diversity in semiarid shrublands.

**Fungal Ecology**, Fungal ecology beyond boundaries: from communities to the globe. v. 12, p. 32–43, dez. 2014.

CHRISTEL, D. M. **The Use Of Bokashi As A Soil Fertility Amendment In Organic Spinach Cultivation**. Thesis—[s.l.] University of Vermont, 2017.

CHRISTENSEN, B. T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. In: **Advances in soil science**. [s.l.] Springer, 1992. p. 1–90.

CHRISTENSEN, B. T. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. **European Journal of Soil Science**, v. 52, n. 3, p. 345–353, 2001.

COLEMAN, D. C.; CALLAHAM, M. A.; CROSSLEY JR, D. A. **Fundamentals of soil ecology**. [s.l.] Academic press, 2017.

CONCEIÇÃO, J. M. DA. **Gliricidia sepium: produtividade, composição químico-bromatológica e características de fermentação da silagem**. Dissertação (mestrado em zootecnia)—Aracaju: Universidade Federal de Sergipe, 2017.

CONCEIÇÃO, P. C.; BAYER, C.; DIEKOW, J.; SANTOS, D. C. DOS. Fracionamento físico da matéria orgânica e índice de manejo de carbono de um Argissolo submetido a sistemas conservacionistas de manejo. **Ciência rural. Santa Maria. Vol. 44, n. 5 (maio 2014), p. 794-800**, 2014.

CONCEIÇÃO, P. C.; BOENI, M.; DIECKOW, J.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Fracionamento densimétrico com politungstato de sódio no estudo da proteção física da matéria orgânica em solos. **Revista brasileira de ciencia do solo. Campinas. Vol. 32, n. 2 (mar./abr. 2008), p. 541-549**, 2008.

CORDEIRO, A. A. S.; RODRIGUES, M. B.; GONÇALVES JÚNIOR, M.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. DA S.; GUERRA, J. G. M. Organic cabbage growth using green manure in pre-cultivation and organic top dressing fertilization. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 515–520, 2018.

COVACEVICH, A.; BERBARA, R. L. L. Indigenous arbuscular mycorrhizae in areas with different successional stages at a tropical dry forest biome in Brazil. **African Journal of Microbiology Research**, v. 5, n. 18, p. 2697–2705, 16 set. 2011.

DA SILVA OLIVEIRA, D. M.; PAUSTIAN, K.; COTRUFO, M. F.; FIALLOS, A. R.; CERQUEIRA, A. G.; CERRI, C. E. P. Assessing labile organic carbon in soils undergoing land use change in Brazil: A comparison of approaches. **Ecological indicators**, v. 72, p. 411–419, 2017.

DANIELS, B. A.; SKIPPER, H. D. **Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil in: Methods and principles of mycorrhizal research**. [s.l.] The, 1982.

DANNER, H.; HOLZER, M.; MAYRHUBER, E.; BRAUN, R. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, v. v. 69, n. 1, p. 562–567, 2013.

DAROLT, M. R.; RODRIGUES, A.; NAZARENO, N.; BRISOLLA, A.; RÜPPEL, O. Análise comparativa entre o sistema orgânico e convencional de batata comum. **IAPAR. Paraná**, p. 1–15, 2003.

DE ALMEIDA, W. S.; DE CARVALHO, D. F.; PANACHUKI, E.; VALIM, W. C.; RODRIGUES, S. A.; VARELLA, C. A. A. Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e

- níveis de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1110–1119, 2016.
- DE ARAUJO, A. S. F.; BEZERRA, W. M.; DOS SANTOS, V. M.; ROCHA, S. M. B.; DA SILVA CARVALHO, N.; FIGUEIREDO, M. DO V. B.; DE ALMEIDA LOPES, Â. C.; MELO, V. M. M. Distinct bacterial communities across a gradient of vegetation from a preserved Brazilian Cerrado. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 110, n. 4, p. 457–469, 2017.
- DE CASTRO, S. H.; REIS, R. P.; LIMA, A. L. R. Custos de produção da soja cultivada sob sistema de plantio direto: estudo de multicaseiros no oeste da Bahia. **Ciência e agrotecnologia**, v. 30, p. 1146–1153, 2006.
- DE FIGUEIREDO, E. A. P.; SOARES, J. P. G. Sistemas orgânicos de produção animal: dimensões técnicas e econômicas. 2012.
- DE SIQUEIRA, H. M.; DE SOUZA, P. M.; PONCIANO, N. J. Café convencional versus café orgânico: perspectivas de sustentabilidade socioeconômica dos agricultores familiares do Espírito Santo. **Ceres**, v. 58, n. 2, 2015.
- DE SOUZA, J. L.; GARCIA, R. D. C. Custos e rentabilidades na produção de hortaliças orgânicas e convencionais no estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 3, n. 1, 2013.
- DEBIT. **Histórico de índices - Dólar Comercial Compra | Debit**. Disponível em: <<http://www.debit.com.br/consulta20.php?indexador=12&imes=03&iano=2015&fmes=02&fano=2016>>. Acesso em: 10 set. 2018.
- DEBIT. **Histórico de índices - Dólar Comercial Compra | Debit**. Disponível em: <<http://www.debit.com.br/consulta20.php?indexador=12&imes=03&iano=2016&fmes=02&fano=2017>>. Acesso em: 10 set. 2018.
- DELGADO-BAQUERIZO, M.; MAESTRO, F. T.; REICH, P. B.; JEFFRIES, T. C.; GAITÁN, J. J.; ENCIMAR, D.; BERDUGO, M.; CAMPBELL, C. D.; SINGH, B. K. Microbial diversity drives multifunctionality in terrestrial ecosystems. **Nature communications**, v. 7, p. 10541, 2016.
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. N e P na biomassa microbiana do solo. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese**, p. 389–411, 1999.
- DOESBURG, P.; HUBER, M.; ANDERSEN, J.-O.; ATHMANN, M.; BIE, G. VAN DER; FRITZ, J.; GEIER, U.; HOEKMAN, J.; KAHL, J.; MERGARDT, G.; BUSSCHER, N. Standardization and performance of a visual Gestalt evaluation of biocrystallization patterns reflecting ripening and decomposition processes in food samples. **Biological Agriculture & Horticulture**, v. 31, n. 2, p. 128–145, 3 abr. 2015.
- DONAGEMMA, G. K.; FREITAS, P. L. DE; BALIEIRO, F. DE C.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; VIANA, J. H. M.; ARAÚJO FILHO, J. C. DE; SANTOS, F. C. DOS; ALBUQUERQUE, M. R. DE. Characterization, agricultural potential, and perspectives for the management of light soils in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1003–1020, 2016.
- DONG, H.-Y.; KONG, C.-H.; WANG, P.; HUANG, Q.-L. Temporal variation of soil friedelin and microbial community under different land uses in a long-term agroecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 69, p. 275–281, 1 fev. 2014.
- DOS SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; DE OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; DE ALMEIDA, J. A.; DE ARAUJO FILHO, J. C.;

- DE OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. **Sistema brasileiro de classificação de solos.**[s.l.] Brasília, DF: Embrapa, 2018., 2013.
- DRIVER, J. D.; HOLBEN, W. E.; RILLIG, M. C. Characterization of glomalin as a hyphal wall component of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, n. 1, p. 101–106, 2005.
- DUMONT, A. M.; BARET, P. V. Why working conditions are a key issue of sustainability in agriculture? A comparison between agroecological, organic and conventional vegetable systems. **Journal of Rural Studies**, v. 56, p. 53–64, 1 nov. 2017.
- EDMEADES, D. C. The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: a review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 66, n. 2, p. 165–180, 1 jun. 2003.
- EIRAS, P. P.; COELHO, F. C. Utilização de leguminosas na adubação verde para a cultura de milho. **InterSciencePlace**, v. 1, n. 17, 2015.
- ELFERINK, S. J. O.; KROONEMAN, J.; GOTTSCHAL, J. C.; SPOELSTRA, S. F.; FABER, F.; DRIEHUIS, F. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1, 2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied and Environmental microbiology**, v. 67, n. 1, p. 125–132, 2001.
- EMBRAPA. **Manual de metodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.
- EPELDE, L.; JAUREGI, L.; URRA, J.; IBARRETXE, L.; ROMO, J.; GOIKOETXEA, I.; GARBISU, C. Characterization of Composted Organic Amendments for Agricultural Use. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 2, 2018.
- ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. DE. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. **AQUINO, AM; ASSIS, RL Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília: Embrapa**, p. 435–451, 2005.
- ETTEMA, C. H.; WARDLE, D. A. Spatial soil ecology. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 17, n. 4, p. 177–183, 1 abr. 2002.
- FARIA, R. T.; HOSHINO, R. T.; ALVES, G. A. C.; DE MELO, T. R.; BARZAN, R. R.; DE FREITAS FREGONEZI, G. A. ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA NO CRESCIMENTO DA ORQUÍDEA *Cattleya* ‘CHOCOLATE DROP’. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 4, 2016.
- FELLER, C.; BEARE, M. H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma**, v. 79, n. 1–4, p. 69–116, 1997.
- FIBL; IFOAM, O. I. **The world of organic agriculture: statistics and Emerging trends**. FiBL e IFOAM, 2018
- FIERER, N.; LEFF, J. W.; ADAMS, B. J.; NIELSEN, U. N.; BATES, S. T.; LAUBER, C. L.; OWENS, S.; GILBERT, J. A.; WALL, D. H.; CAPORASO, J. G. Cross-biome metagenomic analyses of soil microbial communities and their functional attributes. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 52, p. 21390–21395, 2012.
- FLIEßBACH, A.; OBERHOLZER, H.-R.; GUNST, L.; MÄDER, P. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 118, n. 1, p. 273–284, 1 jan. 2007.
- FOLLADOR, B. Portraying Soils and Compost: Color, Form, and Pattern. **Context**, v. 34, 2015.

- FONSECA, J. O. G.; DE OLIVEIRA, E. A. G.; RIBEIRO, R. DE L. D.; DA SILVA ARAÚJO, E.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A. Desempenho agrônômico de alface e rúcula em sucessão, em função de diferentes doses de composto fermentado, sob manejo orgânico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 3, 2014.
- FRACCHIA, L.; DOHRMANN, A. B.; MARTINOTTI, M. G.; TEBBE, C. C. Bacterial diversity in a finished compost and vermicompost: differences revealed by cultivation-independent analyses of PCR-amplified 16S rRNA genes. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 71, n. 6, p. 942, 5 jan. 2006.
- FREIRE, L. R. Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro. **Embrapa Solos-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2013.
- FREITAS, A. W. DE P.; PEREIRA, J. C.; ROCHA, F. C.; COSTA, M. G.; LEONEL, F. DE P.; RIBEIRO, M. D. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 38–47, fev. 2006.
- FREIXO, A. A.; CANELLAS, L. P.; MACHADO, P. DE A. Propriedades espectrais da matéria orgânica leve-livre e leve intra-agregado de dois Latossolos sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 2, 2002.
- FRITZ, J.; ATHMANN, M.; KAUTZ, T.; KÖPKE, U. Grouping and classification of wheat from organic and conventional production systems by combining three image forming methods. **Biological Agriculture & Horticulture**, v. 27, n. 3–4, p. 320–336, 2011.
- FRITZ, J.; ATHMANN, M.; MEISSNER, G.; KAUER, R.; KÖPKE, U. Quality characterisation via image forming methods differentiates grape juice produced from integrated, organic or biodynamic vineyards in the first year after conversion. **Biological Agriculture & Horticulture**, v. 33, n. 3, p. 195–213, 3 jul. 2017.
- GASPARIM, E.; PRANDINI RICIERI, R.; LIMA SILVA, S. DE; DALLACORT, R.; GNOATTO, E. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, n. 1, 2005.
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 46, n. 2, p. 235–244, 1 jun. 1963.
- GIANINAZZI, S.; GOLLOTTE, A.; BINET, M.-N.; VAN TUINEN, D.; REDECKER, D.; WIPF, D. Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. **Mycorrhiza**, v. 20, n. 8, p. 519–530, 2010.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. [s.l.] Ed. da Univ. Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2001.
- GONÇALVES, D. B. Os desafios da agricultura familiar frente aos programas de compras públicas de alimentos: um estudo sobre agricultores da região sudoeste do estado de São Paulo. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 12, n. 1, p. 604–613, 3 jul. 2014.
- GOTTSHALL, C. B.; COOPER, M.; EMERY, S. M. Activity, diversity and function of arbuscular mycorrhizae vary with changes in agricultural management intensity. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 241, n. Supplement C, p. 142–149, 1 abr. 2017.
- GOULDING, K.; STOCKDALE, E.; FORTUNE, S.; WATSON, C. Nutrient cycling on organic farms. **Journal of the Royal Agricultural Society of England**, v. 161, p. 65–75, 2000.



- GRACIANO, IGOR. **Avaliação da Saúde do solo por meio da cromatografia de Pfeiffer: Aspectos metodológicos e aplicações.** Dissertação de mestrado—Bandeirantes-PR: UNiversidade Estadual do Norte do Paraná, 2018.
- GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 169–177, 2005.
- GRUZMAN, I.; DÖBEREINER, J. **Anais da IV Reunião Latino Americana Sobre Inoculantes Para Leguminosas** Porto Alegre., 1968.
- GUEDES FILHO, O. **VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DE MAPAS DE COLHEITA E ATRIBUTOS DO SOLO EM UM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA.** Dissertação de mestrado—Campinas-SP: Instituto Agronômico, 2009.
- GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAUJO, E. DA S.; LEAL, M. A. DE A.; ABOUD, A. DE S.; ALMEIDA, D. DE; DE-POLLI, H.; NEVES, M.; RIBEIRO, R. Adubação verde no cultivo de hortaliças. In: FILHO, O. F. DE L.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Eds.). **Adubação verde e plantas de cobertura de solo no Brasil - Fundamentos e práticas.** Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2014. v. 2.
- GUIDUCCI, R.; LIMA FILHO, J.; MOTA, M. **Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários: metodologia e estudos de caso.** Brasília, DF: Embrapa, 2012.
- HAßOLD-PIEZUNKA, N. **Eignung des Chroma-Boden-Tests zur Bestimmung von Kompostqualität und Rottegrad (Suitability of the chroma soil tests to determine compost quality and degree of decomposition).** Doutorado em Ciências Naturais (Naturwissenschaft)—[s.l.] Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg, 2003.
- HEAD, I. M.; SAUNDERS, J. R.; PICKUP, R. W. Microbial evolution, diversity, and ecology: a decade of ribosomal RNA analysis of uncultivated microorganisms. **Microbial ecology**, v. 35, n. 1, p. 1–21, 1998.
- HEINZE, S.; RAUPP, J.; JOERGENSEN, R. G. Effects of fertilizer and spatial heterogeneity in soil pH on microbial biomass indices in a long-term field trial of organic agriculture. **Plant and Soil**, v. 328, n. 1–2, p. 203–215, 1 mar. 2010.
- HENZ, G. P. Postharvest losses of perishables in Brazil: what do we know so far? **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 6–13, 2017.
- HERRERO, R.; BELLINGER, C.; AID, C.; ROSS, T. **Mercado Institucional Avaliação de programas no Brasil.** São Paulo, SP: Comissão Pró-Índio de São Paulo, Movimento dos Atingidos por Barragens, Movimento Sem Terra, 2014.
- HERRICK, J. E. Soil quality: an indicator of sustainable land management? **Applied Soil Ecology**, Special issue: Managing the Biotic component of Soil Quality. v. 15, n. 1, p. 75–83, 1 ago. 2000.
- HIGA, T.; PARR, J. F. **Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment.** [s.l.] International Nature Farming Research Center Atami,, Japan, 1994. v. 1
- HOFFMANN, R.; ENGLER, J. DE C.; SERRANO, O.; THAME, A. DE M.; NEVES, E. M. **Administração da empresa agrícola.** 5ª edição ed. São Paulo: Pioneira, 1987.
- HOLZER, M.; MAYRHUBER, E.; DANNER, H.; BRAUN, R. The role of *Lactobacillus buchneri* in forage preservation. **Trends in Biotechnology**, v. 21, n. 6, p. 282–287, jun. 2003.
- HOMMA, S. Nutri-Bokashi em respeito à natureza. **São Paulo**, 2003.

HOSHINO, R. T.; ALVES, G. A.; MELO, T. R.; BARZAN, R. R.; FREGONEZI, G. A.; FARIA, R. T. Mineral and organic fertilization influence on the development of Cattlianthe 'Chocolate drop'. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 475–482, 2016.

HPLE. Waste in the Context of Sustainable Food Systems. **A Report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security**, p. 1–6, 2014.

ISHII, K.; FUKUI, M.; TAKII, S. Microbial succession during a composting process as evaluated by denaturing gradient gel electrophoresis analysis. **Journal of Applied Microbiology**, v. 89, n. 5, p. 768–777, 2000.

JANZEN, H. H.; CAMPBELL, C. A.; BRANDT, S. A.; LAFOND, G. P.; TOWNLEY-SMITH, L. Light-Fraction Organic Matter in Soils from Long-Term Crop Rotations. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, n. 6, p. 1799–1806, 12/01 1992.

JENNY, H. **Factors of soil formation; a sytem of quantitative pedology**. [s.l: s.n.].

KAHL, J.; BUSSCHER, N.; MERGARDT, G.; MÄDER, P.; DUBOIS, D.; PLOEGER, A. Authentication of organic wheat samples from a long-term trial using biocrystallization. 2008.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 1, p. 1–13, 1 jan. 2010.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1985.

KLEINSCHIMIT, D. H.; KUNG JR., L. A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerovic stability of corn and grass and small-grains silages. **silages. Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 10, p. 4005–4013, 2001.

KLONSKY, K. Comparison of Production Costs and Resource Use for Organic and Conventional Production Systems. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 94, n. 2, p. 314–321, 1 jan. 2012.

KOKORNACZYK, M. O.; DINELLI, G.; MAROTTI, I.; BENEDETTELLI, S.; NANI, D.; BETTI, L. **Self-Organized Crystallization Patterns from Evaporating Droplets of Common Wheat Grain Leakages as a Potential Tool for Quality Analysis**. Research article. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/tswj/2011/937149/abs/>>. Acesso em: 2 set. 2018.

KOKORNACZYK, M. O.; PRIMAVERA, F.; LUNEIA, R.; BAUMGARTNER, S.; BETTI, L. Analysis of soils by means of Pfeiffer's circular chromatography test and comparison to chemical analysis results. **Biological Agriculture & Horticulture**, v. 33, n. 3, p. 143–157, 2017.

KOLISKO, E.; KOLISKO, L. **Agriculture of tomorrow**. 2 ed. ed. Bournemouth, UK: Kolisko Archive., 1978.

KONONOVA, M. M. **Materia orgánica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación**. [s.l: s.n.].

KORSAETH, A. N, P, and K budgets and changes in selected topsoil nutrients over 10 years in a long-term experiment with conventional and organic crop rotations. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2012, 2012.

KRETZSCHMAR, R. M.; HAFNER, H.; BATIONO, A.; MARSCHNER, H. Long- and short-term effects of crop residues on aluminum toxicity, phosphorus availability and growth of pearl millet in an acid sandy soil. **Plant and Soil**, v. 136, n. 2, p. 215–223, 1 out. 1991.

- LASKOWSKA, E.; JAROSZ, Ł.; GRĄDZKI, Z. Effect of Multi-Microbial Probiotic Formulation Bokashi on Pro-and Anti-Inflammatory Cytokines Profile in the Serum, Colostrum and Milk of Sows, and in a Culture of Polymorphonuclear Cells Isolated from Colostrum. **Probiotics and antimicrobial proteins**, p. 1–13, 2018.
- LASMINI, S. A.; NASIR, B.; HAYATI, N.; EDY, N. Improvement of soil quality using bokashi composting and NPK fertilizer to increase shallot yield on dry land. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 11, p. 1743, nov. 2018.
- LEAL, M. A. DE A.; MATEUS, J. S.; AQUINO, A. M. DE; S, S. S. DA. Avaliação da recuperação de nitrogênio contido em diferentes fertilizantes orgânicos por meio de bioensaio. **Embrapa Agrobiologia-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2010.
- LEE, K. H. **Effect of organic amendments and EM on the growth and yield of crops and on soil properties**. Proceedings of the Second International Conference on Kyusei Nature Farming. US Department of Agriculture, Washington, DC, USA. **Anais...**1994
- LEGRENDE, P.; BIRKS, H. J. B. From classical to canonical ordination. In: **Tracking environmental change using lake sediments**. Dordrecht: Springer, 2012. p. 201–248.
- LEIFHEIT, E. F.; VERESOGLOU, S. D.; LEHMANN, A.; MORRIS, E. K.; RILLIG, M. C. Multiple factors influence the role of arbuscular mycorrhizal fungi in soil aggregation—a meta-analysis. **Plant and Soil**, v. 374, n. 1–2, p. 523–537, 2014.
- LIMA, P. H. **Avaliação da adubação orgânica com composto fermentado aliada a cobertura morta do solo no desempenho agroecológico de hortaliças em sucessão**. Doutorado em Fitotecnia—Seropédica -RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2018.
- LIU, B.; TU, C.; HU, S.; GUMPERTZ, M. L.; RISTAINO, J. B. Longterm effects of organic and synthetic soils fertility amendments on soil microbial communities and the development of southern blight. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 39, p. 2302e2316, 2007.
- LIU, D.; WANG, Z.; ZHANG, B.; SONG, K.; LI, X.; LI, J.; LI, F.; DUAN, H. Spatial distribution of soil organic carbon and analysis of related factors in croplands of the black soil region, Northeast China. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 113, n. 1, p. 73–81, 1 abr. 2006.
- LOSS, A.; ANGELINI, G. A. R.; PEREIRA, A. C. C.; LÃ, O. R.; MAGALHÃES, M. O. L.; SILVA, E. M. R. DA; JUNIOR, O. J. S. Atributos químicos do solo e ocorrência de fungos micorrízicos sob áreas de pastagem e sistema agroflorestal, Brasil. **Acta Agronômica**, v. 58, n. 2, p. 91–96, 1 abr. 2009.
- LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B. S.; DE PAULA KOUCHER, L.; ASSIS DE OLIVEIRA, R.; KURTZ, C.; LOVATO, P. E.; CURMI, P.; BRUNETTO, G.; COMIN, J. J. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, 2015.
- LOVELOCK, C. E.; WRIGHT, S. F.; CLARK, D. A.; RUESS, R. W. Soil stocks of glomalin produced by arbuscular mycorrhizal fungi across a tropical rain forest landscape. **Journal of Ecology**, v. 92, n. 2, p. 278–287, 1 abr. 2004.
- LUZ, J. M. Q.; SHINZATO, A. V.; DA SILVA, M. A. D. Comparação dos sistemas de produção de tomate convencional e orgânico em cultivo protegido. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 2, 2007.

- MACÊDO, A. J. DA S.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S. DE; PERAZZO, A. F. Microbiology of silages: Literature Review. **REDVET Revista Electrónica de veterinária.**, v. 18, n. 9, 2017.
- MAGRINI, F. E.; SARTORI, V. C.; FINKLER, R.; TORVES, J.; VENTURIN, L. Características químicas e avaliação microbiológica de diferentes fases de maturação do biofertilizante Bokashi. **Agrarian**, v. 4, n. 12, p. 146–151, 2011.
- MATA, M. G. F. DA. **Qualidade do Solo e Avaliação Microeconômica de um Módulo Experimental de Produção Orgânica Intensiva de Hortaliças**. Dissertação de mestrado em Agronomia - Ciência do Solo—Seropédica -RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2012.
- MATA, M. G. F. DA. **Um modelo experimental para avaliar a qualidade do solo e a viabilidade técnica e econômica de um sistema de produção orgânica intensiva de hortaliças**. Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo.—Seropédica -RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2016.
- MATA, M. G. F. DA; GUERRA, J. G. M.; PINHEIRO, É. F. M.; CEDDIA, M. B. Análise Espaço-Temporal dos Atributos Químicos do Solo de um Módulo de Pesquisa em Produção Orgânica. In: AMARAL SOBRINHO, N. M. B. DO; CHAGAS, C. I.; ZONTA, E. (Eds.). . **Impactos ambientais provenientes da produção agrícola. experiências argentinas e brasileiras**. Rio de Janeiro: Expressão Popular, 2016. p. 165–198.
- MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, L. A. **Metodologia de custo de produção**. São Paulo: Agricultura em São Paulo, 1976. v. 23
- MCBRATNEY, A.; FIELD, D. J.; KOCH, A. The dimensions of soil security. **Geoderma**, v. 213, p. 203–213, 1 jan. 2014.
- MCDONALD, P. The biochemistry of silage. **The biochemistry of silage.**, 1981.
- MELO, T. A. DE; SERRA, I. M. R. DE S.; MELO, T. A. DE; SERRA, I. M. R. DE S. Plant materials applied to the agroecological management of *Meloidogyne incognita* in tomato plants. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 1, p. 97–103, mar. 2019.
- MENESES, N. B.; MOREIRA, M. A.; DE SOUZA, I. M.; BIANCHINI, F. G. Lettuce growth and productivity under different types of soil covering &61; Crescimento e produtividade de alface sob diferentes tipos de cobertura do solo. **Agro@ mbiente On-line**, v. 10, n. 2, p. 123–129, 2016.
- MENEZES, K. M.; SILVA, D. K.; QUEIROZ, M. A.; FÉLIX, W. P.; YANO-MELO, A. M. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in buffelgrass pasture under intercropping and shading systems in Brazilian semiarid conditions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 230, p. 55–67, 2016.
- MENGE, J. A.; STEIRLE, D.; BAGYARAJ, D. J.; JOHNSON, E. L. V.; LEONARD, R. T. Phosphorus concentrations in plants responsible for inhibition of mycorrhizal infection. **New Phytologist**, v. 80, n. 3, p. 575–578, 1978.
- MEYER, T. **Ehrenfried Pfeiffer: A Modern Quest for the Spirit**. [s.l.] Mercury Press, 2010.
- MIRANDA, A. R. L.; MENDES, L. W.; ROCHA, S. M. B.; VAN DEN BRINK, P. J.; BEZERRA, W. M.; MELO, V. M. M.; ANTUNES, J. E. L.; ARAUJO, A. S. F. Responses of soil bacterial community after seventh yearly applications of composted tannery sludge. **Geoderma**, v. 318, p. 1–8, 2018.

- MIRANDA, J. DE; SILVA, E. M. R. DA; SAGGIN JUNIOR, O. J. Comunidades de fungos micorrízicos arbusculares associados ao amendoim forrageiro em pastagens consorciadas no Estado do Acre, Brasil. **Embrapa Acre-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2010.
- MISHRA, S.; SINGH, S. N.; PANDE, V. Bacteria induced degradation of fluoranthene in minimal salt medium mediated by catabolic enzymes in vitro condition. **Bioresource technology**, v. 164, p. 299–308, 2014.
- MOÇO, M. K. DA S.; GAMA-RODRIGUES, E. F. DA; GAMA-RODRIGUES, A. C. DA; CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, 2005.
- MOORE, A.; JOHNSON, M.; LORD, J.; COUTTS, S.; PAGAN, M.; GBOLAGUN, J.; HALL, G. B. Applying spatial analysis to the agroecology-led management of an indigenous farm in New Zealand. **Ecological Informatics**, v. 31, n. Supplement C, p. 49–58, 1 jan. 2016.
- MOREIRA, A. R. **Diversificação alimentar : o início da aprendizagem para uma vida saudável**. Tese (doutorado)—Porto, PT: Porto, 2005.
- MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 183–191, jul. 2010.
- MUSSATTO, S. I.; DRAGONE, G.; ROBERTO, I. C. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. **Journal of Cereal Science**, v. 43, p. 1–14, 2006.
- MUSSATTO, S. I.; MARTINS, S.; MACHADO, E. M. S.; TEIXEIRA, J. A. Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues. **Food Bioprocess Technol**, v. 4, p. 661–672, 2011.
- NAVEED, M.; HERATH, L.; MOLDRUP, P.; ARTHUR, E.; NICOLAISEN, M.; NORGAARD, T.; FERRÉ, T. P. A.; DE JONGE, L. W. Spatial variability of microbial richness and diversity and relationships with soil organic carbon, texture and structure across an agricultural field. **Applied Soil Ecology**, v. 103, n. Supplement C, p. 44–55, 1 jul. 2016.
- NEELAKANTA, G.; SULTANA, H. The use of metagenomic approaches to analyze changes in microbial communities. **Microbiology insights**, v. 6, p. MBI. S10819, 2013.
- NGUYEN, M. L.; HAYNES, R. J.; GOH, K. M. Nutrient budgets and status in three pairs of conventional and alternative mixed cropping farms in Canterbury, New Zealand. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 52, n. 2–3, p. 149–162, 1995.
- NICOLAU, R.; MERCANTE, E.; MAGGI, M.; SOUZA, E. DE; GASPARIN, E. Spatial variability of soil chemical attributes and productivity and the chemical and physical properties of oranges. **Ciencia e Investigación Agraria**, v. 41, n. 3, p. 337–347, 1 set. 2014.
- NIEBERG, H.; OFFERMANN, F. **Economic performance of organic farms in Europe**. Stuttgart, DE: Universität Hohenheim, 2000.
- NOBRE, C. P.; LÁZARO, M. L.; SANTO, M. M. E.; PEREIRA, M. G.; BERBARA, R. L. L. Agregação, glomalina e carbono orgânico na chapada do araripe, ceará, brasil. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 1, p. 138–147, 13 abr. 2015.
- NOBRE JUNIOR, A. DE A. **Sustentabilidade de Sistemas de Produção de Olerícolas sobre Manejo Orgânico em Unidades Familiares, na Região Serrana Fluminense**. Tese (doutorado)—Seropédica -RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2009.
- NOGUEIRA, A. R. DE A.; SOUZA, G. B. **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005.

- NOVAIS, R.; SMYTH, T.; NUNES, F. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N.; FONTES, R.; CANTARUTTI, R.; NEVES, J. (Eds.). . **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. p.471-550.
- NOVAK, J. Methodical Approaches to Agricultural Enterprises Evaluation with Financial and Nonfinancial Indicators. **Agris: Agrarian www portal**, p. 273–277, 2005.
- NOWAK, B.; NESME, T.; DAVID, C.; PELLERIN, S. To what extent does organic farming rely on nutrient inflows from conventional farming? **Environmental Research Letters**, v. 8, n. 4, p. 044045, 2013.
- ØGAARD, A. F.; HANSEN, S. Potassium uptake and requirement in organic grassland farming. **Nutrient cycling in agroecosystems**, v. 87, n. 1, p. 137–149, 2010.
- OLIVEIRA, F. L. DE. **Manejo orgânico da cultura do repolho (brassica oleraca var. capitata): adubação orgânica, adubação verde e consorciação**. [s.l.] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2001.
- OLIVEIRA, F. L. DE; RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; PADOVAN, M. P.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. DE; RIBEIRO, R. DE L. D. Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-cultivo de crotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura brasileira**, v. 23, n. 2, p. 184–188, 2005.
- OLIVEIRA, E. A. G. **Desenvolvimento de substratos orgânicos, com base na vermicompostagem, para produção de mudas de hortaliças em cultivo protegido**. [s.l.] UFRRJ Seropédica, 2011.
- OLIVEIRA, E. A. G. **Formulações tipo “bokashi” como fertilizantes orgânicos no cultivo de hortaliças**. Doutorado em Fitotecnia—Seropédica -RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2015.
- OLIVEIRA, E. A. G.; RIBEIRO, R.; LEAL, M. DE A.; GUERRA, J.; ARAUJO, E. DA S.; ESPINDOLA, J.; ROCHA, M. DOS S.; BASTOS, T.; SAITER, O. Compostos orgânicos fermentados tipo bokashi obtidos com diferentes materiais de origem vegetal e diferentes formas de inoculação visando sua utilização no cultivo de hortaliças. **Embrapa Agrobiologia-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2014a.
- OLIVEIRA, E.; ANDRADE, F. V.; MELLO, J. C.; MACHADO, T. B.; PEREIRA, C. R. Avaliação da eficiência de horticultores agroecológicos utilizando análise envoltória de dados. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 3, p. 336–342, set. 2014b.
- OLIVEIRA, E. Q.; DE SOUZA, R. J.; DOS REIS LEITE, L. L. V.; DOS SANTOS, R. L. Produção de alface em função do efeito residual de adubação orgânica. **Cadernos de Agroecologia**, v. 4, n. 1, 2009.
- OLIVEIRA, E. Q.; DE SOUZA, R. J.; MACÊDO, F. S.; MARQUES, V. B.; DOS REIS LEITE, L. V. Desempenho de cultivares de alho sob doses de Bokashi. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. S594–S597, 2008.
- OLIVEIRA, S. K. **Feira de agricultura familiar da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) como potencial espaço de ensino-aprendizagem: possibilidades e reflexões**. Monografia do curso de biologia—Seropédica -RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2017.
- ORGANIS. **Consumo de produtos orgânicos no Brasil: Primeira pesquisa nacional sobre o consumo de orgânicos**. Curitiba: Marcket analysis, 2017.

- OTOTUMI, A.; VENTURA, M. U.; NEVES, P. Parâmetros agronômicos em couve-brócolos (*Brassica oleraceae* L. var. *Italica*) em sistema convencional, orgânico e natural. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 22, n. 2, p. 161–164, 2001.
- OURIVES, O. E. A.; SOUZA, G. M.; TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H. Fertilizante orgânico como fonte de fósforo no cultivo inicial de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, p. 126–132, 2010.
- PAHLOW, G.; MUCK, R. E.; DRIEHUIS, F.; ELFERINK, S.; SPOELSTRA, S. F. Microbiology of ensiling. In: **Silage science and technology**. 1 ed. ed. Madison: American Society of Agronomy: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.), 2003. p. 31–94.
- PARK, J. H.; LAMB, D.; PANEERSELVAM, P.; CHOPPALA, G.; BOLAN, N.; CHUNG, J.-W. Role of organic amendments on enhanced bioremediation of heavy metal (loid) contaminated soils. **Journal of hazardous materials**, v. 185, n. 2–3, p. 549–574, 2011.
- PARKS, D.; BEIKO, R. G. Identifying biologically relevant differences between metagenomic communities. **Bioinformatics**, v. 26, n. 6, p. 715–721, 2010.
- PAULINO, G. M.; ALVES, B. J. R.; BARROSO, D. G.; URQUIAGA, S.; ESPINDOLA, J. A. A. Fixação biológica e transferência de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1598–1607, 22 dez. 2010.
- PEREIRA, C. M. R.; SILVA, D. K. A. DA; FERREIRA, A. C. DE A.; GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Atlantic forest areas under different land uses. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 185, n. Supplement C, p. 245–252, 1 mar. 2014.
- PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 35–40, 2004.
- PERUCCI, P. Enzyme activity and microbial biomass in a field soil amended with municipal refuse. **Biology and Fertility of Soils**, v. 14, n. 1, p. 54–60, 1 set. 1992.
- PERUMAL, K.; ANANTHI, S.; ARUNKUMAR, J. Innovative and simplest alternative analytical technology(AAT) for testing soil nutrients. **Journal of SOIL SCIENCE RESEARCH**, 2016.
- PERUMAL, K.; ANANTHI, S.; ARUNKUMAR, J.; SAMBANDA MOORTHY, T. A.; KARTHIK, B.; SINGH, U.; BINDRABAN, P. S. Establishing a viable fertilizer quality detection system. **VFRC Report**, v. 4, p. 23, 2014.
- PEUKERT, S.; BOL, R.; ROBERTS, W.; MACLEOD, C. J. A.; MURRAY, P. J.; DIXON, E. R.; BRAZIER, R. E. Understanding spatial variability of soil properties: a key step in establishing field- to farm-scale agro-ecosystem experiments. **Rapid Communications in Mass Spectrometry**, v. 26, n. 20, p. 2413–2421, 30 out. 2012.
- PFEIFFER, E. **Chromatography applied to quality testing**. Wyoming, USA: Bio-Dynamic Farming and Gardening Association, 1984.
- PIAN, L. B. **Fungos Micorrízicos Arbusculares e Matéria Orgânica do solo de um Módulo de Cultivo Intensivo de Hortaliças Orgânicas**. Dissertação de mestrado em Agronomia - Ciência do Solo—Seropédica -RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2015.

- PIAN, L. B. **Chromatography of Pfeiffer: Principles, method and use in perception of soils**. Projeto de trabalho em Agricultura Biodinâmica—Bad Vilbel, DE: Landbauschule Dottenfelderhof e.V., 2017.
- PILLON, C. N.; MIELNICZUK, J.; NETO, L. M. **Dinâmica da Matéria Orgânica no Ambiente**. Embrapa Clima Temperado, , 2002.
- PILON, L. C. **Interações entre a cobertura vegetal e as propriedades do solo em citros cultivado nos sistemas convencional, orgânico e agroflorestal**. Doutorado Ciência do Solo.—Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2017.
- PINHEIRO, S. Cartilha da Saúde do Solo (Cromatografia de Pfeiffer). **Salles Editora**, 2011.
- POMERANZ, Y.; DIKEMAN, E. From barley to beer—a mineral study. **Brewers Digest**, p. 30–32, 1976.
- PURIN, S.; RILLIG, M. C. The arbuscular mycorrhizal fungal protein glomalin: limitations, progress, and a new hypothesis for its function. **Pedobiologia**, v. 51, n. 2, p. 123–130, 2007.
- PUTTASO, A.; VITYAKON, P.; RASCHE, F.; SAENJAN, P.; TRELOGES, V.; CADISCH, G. Does Organic Residue Quality Influence Carbon Retention in a Tropical Sandy Soil? **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, n. 3, p. 1001–1011, 1 maio 2013.
- QUADROS, D.; FIGUEIREDO, M. P. D.; CARDOSO, N. D. S. Perfil dos produtos da fermentação e degradabilidade in situ da matéria seca da silagem de capim elefante com diferentes percentuais de casca de café. p. 6, 2002.
- RAHMANIPOUR, F.; MARZAIOLI, R.; BAHRAMI, H. A.; FERREIDOUNI, Z.; BANDARABADI, S. R. Assessment of soil quality indices in agricultural lands of Qazvin Province, Iran. **Ecological Indicators**, v. 40, n. Supplement C, p. 19–26, 1 maio 2014.
- RAO, C. S.; KAREEMULLA, K.; KRISHNAN, P.; MURTHY, G. R. K.; RAMESH, P.; ANANTHAN, P. S.; JOSHI, P. K. Agro-ecosystem based sustainability indicators for climate resilient agriculture in India: A conceptual framework. **Ecological Indicators**, 2018.
- REINCHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ci. Amb**, v. 27, p. 29–48, 2003.
- REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002.
- REZENDE, B. L. A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; FÁBIO, C.; MARTINS, M. I. E. Análise econômica de cultivos consorciados de alface americana x rabanete: um estudo de caso. **Horticultura Brasileira**, p. 853–858, 2005.
- RILLIG, M. C. Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 84, n. 4, p. 355–363, 2004.
- RILLIG, M. C.; MUMMEY, D. L. Mycorrhizas and soil structure. **New Phytologist**, v. 171, n. 1, p. 41–53, 2006.
- RILLIG, M. C.; WRIGHT, S. F.; EVINER, V. T. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species. **Plant and Soil**, v. 238, n. 2, p. 325–333, 2002.
- RILLIG, M. C.; WRIGHT, S. F.; NICHOLS, K. A.; SCHMIDT, W. F.; TORN, M. S. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. **Plant and Soil**, v. 233, n. 2, p. 167–177, 2001.
- RIVERA, J. R.; PINHEIRO, S. Cromatografia imágenes de vida y destrucción del suelo. **Cali: COAS**, 2011.



- ROBLES ANGELINI, G. A.; LOSS, A.; GERVASIO PEREIRA, M.; RODRIGUES TORRES, J. L.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de Cerrado sob plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, 2012.
- RODRIGUES, E. R.; CULLEN JR, L.; BELTRAME, T. P.; MOSCOGLIATO, A. V.; SILVA, I. C. DA. Avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para recuperação de reserva legal no Pontal do Paranapanema, São Paulo. **Revista Árvore**, p. 941–948, 2007.
- ROESCH, L. F.; FULTHORPE, R. R.; RIVA, A.; CASELLA, G.; HADWIN, A. K.; KENT, A. D.; DAROUB, S. H.; CAMARGO, F. A.; FARMERIE, W. G.; TRIPLETT, E. W. Pyrosequencing enumerates and contrasts soil microbial diversity. **The ISME journal**, v. 1, n. 4, p. 283, 2007.
- ROOKE, J. A.; HATFIELD, R. D. Biochemistry of Ensilage. **Publications from USDA-ARS / UNL Faculty. 1399**. <http://digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpub/1399>, p. 46, 2003.
- ROSA, L. O. **Silagem de leguminosas à base de amendoim forrageiro e soja: características fermentativas e desempenho de bovinos de corte mestiços**. Tese (doutorado)—Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2014.
- ROSCOE, R.; MACHADO, P. DE A. Fracionamento físico do solo em estudos de matéria orgânica. **Embrapa Agropecuária Oeste-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2002.
- RUIZ-TORRES, A. J.; MAHMOODI, F.; AYALA-CRUZ, J. Supply Chain Management Research in Latin America: a Review. **Supply Chain Forum: An International Journal**, v. 13, n. 1, p. 20–36, 1 jan. 2012.
- SALGADO, A. S.; GUERRA, J. G. M.; DE ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. DE L. D.; ESPINDOLA, J. A. A.; DE AQUINO SALGADO, J. A. Consórcios alface-cenoura e alface-rabanete sob manejo orgânico. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 41, n. 7, p. 1141–1147, 2006.
- SALGADO, J.; DE ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J.; DE RIBEIRO, R. D.; SUDO, A. Balanço de nutrientes em cultivos de hortaliças sob manejo orgânico. **Embrapa Agrobiologia-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 1998.
- SALVIANO, A. A. C.; VIEIRA, S. R.; SPAROVEK, G. **Dependência espacial dos teores de macronutrientes da parte aérea da Crotalaria juncea em área de erosão acelerada**. 25 CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. **Anais...SBCS** Campinas, 1995
- SANDERS, I. R.; CLAPP, J. P.; WIEMKEN, A. The genetic diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in natural ecosystems—a key to understanding the ecology and functioning of the mycorrhizal symbiosis. **New Phytologist**, v. 133, n. 1, p. 123–134, 1996.
- SANTANA, G. S. Origem e retenção da matéria orgânica em solos sob sistemas de produção florestal no Sul do Brasil. 2014.
- SANTOS, L. R. P. DOS; OLIVEIRA, S. K. DE; PINHEIRO, I. S.; MOURA, B. B.; FERNANDEZ, P. S. DE C.; MAJEMOVIS, N.; DIAS, A. Feira da agricultura familiar na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro: relato de experiência da construção de um espaço de integração entre agricultores locais e a comunidade acadêmica. **Cadernos de Agroecologia**, 2017.
- SANTOS, M.; JIMENEZ, J. J.; BARTOLOMÉ, B.; GO'MEZ-CORDOVE'S, C.; NOZAL, M. J. Variability of brewers' spent grain within a brewery. **Food Chemistry**, v. 80, 2003.

- SCHLOTTER, M.; DILLY, O.; MUNCH, J. C. Indicators for evaluating soil quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 98, n. 1–3, p. 255–262, 2003.
- SCHNÜRER, J.; ROSSWALL, T. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. **Applied and environmental microbiology**, v. 43, n. 6, p. 1256–1261, 1982.
- SCHÖNICKE, P.; SHAHAB, R.; HAMANN, R.; KAMM, B. Microbial Life on Green Biomass and Their Use for Production of Platform Chemicals. In: **Microorganisms in Biorefineries**. Microbiology Monographs. [s.l.] Springer, Berlin, Heidelberg, 2015. p. 21–49.
- SCHRÖDER, P.; HUBER, B.; OLAZÁBAL, U.; KÄMMERER, A.; MUNCH, J. C. Land use and sustainability: FAM Research Network on Agroecosystems. **Geoderma**, Land use and sustainability: FAM Research Network on Agroecosystems. v. 105, n. 3, p. 155–166, 1 fev. 2002.
- SCOTTON, J. C.; PEREIRA, J. D. S.; CAMPOS, A. A. B.; PINTO, D. F. P.; COSTA, W. L. F.; HOMMA, S. K. Different sources of inoculum to the bokashi provides distinct effects on the soil quality. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 7, n. 3, 24 out. 2017.
- SHANG, Q.; LING, N.; FENG, X.; YANG, X.; WU, P.; ZOU, J.; SHEN, Q.; GUO, S. Soil fertility and its significance to crop productivity and sustainability in typical agroecosystem: a summary of long-term fertilizer experiments in China. **Plant and Soil**, v. 381, n. 1–2, p. 13–23, 1 ago. 2014.
- SHERPA, S. R.; WOLFE, D. W.; ES, V.; M, H. Sampling and Data Analysis Optimization for Estimating Soil Organic Carbon Stocks in Agroecosystems. **Soil Science Society of America Journal**, v. 80, n. 5, p. 1377–1392, 10/01 2016.
- SHI, X. M.; LI, X. G.; LONG, R. J.; SINGH, B. P.; LI, Z. T.; LI, F. M. Dynamics of soil organic carbon and nitrogen associated with physically separated fractions in a grassland-cultivation sequence in the Qinghai-Tibetan plateau. **Biology and fertility of soils**, v. 46, n. 2, p. 103–111, 2010.
- SHI, Z. Y.; LIU, D. H.; WANG, F. Y. Spatial variation of arbuscular mycorrhizal fungi in two vegetation types in Gurbantonggut Desert. **Contemporary Problems of Ecology**, v. 6, n. 4, p. 455–464, 1 jul. 2013.
- SHIN, K.; VAN DIEPEN, G.; BLOK, W.; VAN BRUGGEN, A. H. Variability of Effective Micro-organisms (EM) in bokashi and soil and effects on soil-borne plant pathogens. **Crop protection**, v. 99, p. 168–176, 2017.
- SILVA, S. DE D. DA; PRESOTTO, R. A.; MAROTA, H. B.; ZONTA, E. Uso de torta de mamona como fertilizante orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 19–27, mar. 2012.
- SILVA, T. C. DA; SILVA, M. V. B. DA; FERREIRA, E. G.; PEREIRA, O. G.; FERREIRA, C. L. DE L. F. Papel da fermentação láctica na produção de silagem. **Pubvet**, v. 5, n. 1, jan. 2011.
- SILVA, F. S. **Prospecção de plantas espontâneas com potencial alimentício e avaliação agroeconômica de um modulo de cultivo orgânico de hortaliças**. Dissertação de mestrado em Fitotecnia—Seropédica -RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2018.
- SILVA, P. N. DE L.; LANNA, N. DE B. L.; CARDOSO, A. I. I. Doses de bokashi em cobertura na produção de beterraba. **REVISTA DE AGRICULTURA NEOTROPICAL**, v. 5, n. 1, p. 28–34, 2018.

- SINGH, A. K.; RAI, A.; SINGH, N. Effect of long term land use systems on fractions of glomalin and soil organic carbon in the Indo-Gangetic plain. **Geoderma**, v. 277, n. Supplement C, p. 41–50, 1 set. 2016.
- SINGH, M.; SARKAR, B.; SARKAR, S.; CHURCHMAN, J.; BOLAN, N.; MANDAL, S.; MENON, M.; PURAKAYASTHA, T. J.; BEERLING, D. J. Chapter Two - Stabilization of Soil Organic Carbon as Influenced by Clay Mineralogy. In: SPARKS, D. L. (Ed.). **Advances in Agronomy**. [s.l.] Academic Press, 2018. v. 148p. 33–84.
- SIQUEIRA, A. P. P. DE; SIQUEIRA, M. F. B. DE. **Bokashi: adubo orgânico fermentado**. [s.l.] Programa Rio Rural, 2013.
- SIQUEIRA, J. B. **Uma metodologia de auxílio à interpretação da qualidade do solo por meio da cromatografia de Pfeiffer**. Trabalho de Conclusão de curso em Engenharia Florestal—Sorocaba-SP: Universidade de São Carlos, 2018.
- SIX, J.; CONANT, R. T.; PAUL, E. A.; PAUSTIAN, K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. **Plant and soil**, v. 241, n. 2, p. 155–176, 2002.
- SMITH, A.; SNAPP, S.; CHIKOWO, R.; THORNE, P.; BEKUNDA, M.; GLOVER, J. Measuring sustainable intensification in smallholder agroecosystems: A review. **Global food security**, v. 12, p. 127–138, 2017.
- SMITH, J. L.; HALVORSON, J. J.; PAPENDICK, R. I. Multiple variable indicator kriging: a procedure for integrating soil quality indicators. **Defining soil quality for a sustainable environment**, n. definingsoilqua, p. 147–157, 1994.
- SOLLINS, P.; HOMANN, P.; CALDWELL, B. A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. **Geoderma**, v. 74, n. 1–2, p. 65–105, 1996.
- SONMEZ, O.; PIERZYNSKI, G. M. Changes in Soil Phosphorus Fractions Resulting from Crop Residue Removal and Phosphorus Fertilizer. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 48, n. 8, p. 929–935, 28 abr. 2017.
- SOUSA, C. S.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. DE S. B.; LIMA, F. S. Glomalina: características, produção, limitações e contribuição nos solos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 0, 20 dez. 2012.
- SOUZA, L. H.; CAMPINA, V.; ALMEIDA, D.; VILLA, F.; RUBIO, F. DOSES DE BOKASHI NA PRODUÇÃO ORGÂNICA DE ALFACE CRESPA. 2008.
- SPARLING, G. P.; WEST, A. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: calibration in situ using microbial respiration and <sup>14</sup>C labelled cells. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, n. 3, p. 337–343, 1988.
- SRINIVASARAO, CH.; VENKATESWARLU, B.; LAL, R.; SINGH, A. K.; KUNDU, S.; VITTAL, K. P. R.; PATEL, J. J.; PATEL, M. M. Long-Term Manuring and Fertilizer Effects on Depletion of Soil Organic Carbon Stocks Under Pearl Millet-Cluster Bean-Castor Rotation in Western India. **Land Degradation & Development**, v. 25, n. 2, p. 173–183, 1 mar. 2014.
- STEVENSON, F. J.; ELLIOTT, E. T. Methodologies for assessing the quantity and quality of soil organic matter. **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**, p. 173–199, 1989.
- SUN, B.; ZHOU, S.; ZHAO, Q. Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China. **Geoderma**,

- Anthropogenic soils and their use in China: Anthropogenic soils and soil quality change under intensive management in China. v. 115, n. 1, p. 85–99, 1 jul. 2003.
- SUTHAMATHY, N.; SERAN, T. H. Residual effect of Organic manure EM Bokashi applied to Proceeding Crop of Vegetable Cowpea (*Vigna unguiculata*) on succeeding Crop of Radish (*Raphanus sativus*). **Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences**, v. 1, n. 1, p. 2–5, 2013.
- TAHIR, S.; MARSCHNER, P. Clay Addition to Sandy Soil—Influence of Clay Type and Size on Nutrient Availability in Sandy Soils Amended with Residues Differing in C/N ratio. **Pedosphere**, v. 27, n. 2, p. 293–305, 1 abr. 2017.
- TARCÍSIO GOMEZ, E.; LUIS LOURO BERBARA, R.; PEREIRA, M.; SACRAMENTO URQUIAGA, S.; HUERTA TAVARES, O.; ALMEIDA ASSUNÇÃO, S.; ZONTA, E.; SOBRINHO, N.; GARCÍA, A. Effects of farmed managements in sandy soils on composition and stabilization of soil humic substances. **Land Degradation & Development**, 26 out. 2017.
- 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 and Biochemistry**, v. 20, n. 3, p. 329–335, 1988.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. Brasília, DF: [s.n.].
- THENG, B. K. G. Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**, 1989.
- TILMAN, D.; CASSMAN, K. G.; MATSON, P. A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v. 418, n. 6898, p. nature01014, 8 ago. 2002.
- TIMMERMANN, C.; FÉLIX, G. F. Agroecology as a vehicle for contributive justice. **Agriculture and Human Values**, v. 32, n. 3, p. 523–538, 1 set. 2015.
- TITTONELL, P. Ecological intensification of agriculture—sustainable by nature. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 8, p. 53–61, 2014.
- TJANDRAATMADJA, M.; MACRAE. Effect of the inclusion of tropical tree legumes, *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*, on the nutritive value of silages prepared from tropical grasses. **The Journal of Agricultural Science**, 2010.
- TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; TOMICH, R. G. P.; BORGES, I. Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação. **Embrapa Pantanal-Documentos (INFOTECA-E)**, 2003.
- TORSTENSSON, G.; ARONSSON, H.; BERGSTRÖM, L. Nutrient use efficiencies and leaching of organic and conventional cropping systems in Sweden. **Agronomy Journal**, v. 98, n. 3, p. 603–615, 2006.
- TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. In: **Advances in agronomy**. [s.l.] Elsevier, 1986. v. 38p. 45–94.
- TRIO MASEDA, M. **Desarrollo y Caracterización del Método de Dinamolisis Capilar para el Análisis de Suelos Contaminados: estudio de los suelos de Linares**. phd—[s.l.] E.T.S.I de Minas y Energía, 19 jan. 2016.
- TUGOZ, J. E.; BERTOLINI, G. R. F. Viabilidade Financeira de Alimentos Orgânicos da Agricultura Familiar para o Programa Nacional de Alimentação Escolar em Toledo, Paraná, Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, n. 1, p. 117–134, 31 mar. 2016.

- VALERIANO, M. M.; PRADO, H. Técnicas de geoprocessamento e de amostragem para o mapeamento de atributos anisotrópicos do solo. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 25, n. 4, 2001.
- VAN BRUGGEN, A. H. C.; GAMLIEL, A.; FINCKH, M. R. Plantdisease management in organicfarming systems. **Pest Management Science**, v. 72, p. 30–44, 2016.
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 703–707, 1987.
- VEUM, K. S.; GOYNE, K. W.; KREMER, R. J.; MILES, R. J.; SUDDUTH, K. A. Biological indicators of soil quality and soil organic matter characteristics in an agricultural management continuum. **Biogeochemistry**, v. 117, n. 1, p. 81–99, 1 jan. 2014.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. An overview of soil quality. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 743–755, ago. 2009.
- VIDIGAL, S. M.; RIBEIRO, A. C.; CASALI, V. W. D.; FONTES, L. E. F. Resposta da alface (*Lactuca sativa*.) ao efeito residual da adubação orgânica: II. Ensaio em casa de vegetação. **Revista Ceres**, v. 42, n. 239, p. 89–97, 1995.
- VIEIRA, S.; HATFIELD, J.; NIELSEN, D.; BIGGAR, J. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v. 51, n. 3, p. 1–75, 1983.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. **Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, p. 1–53, 2000.
- VIEIRA, S. R.; MILLETE, J.; TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. **Tópicos em ciência do solo**, v. 2, p. 1 citation\_lastpage= 45, 2002.
- VILELA, L. A. F. **Fungos micorrízicos arbusculares, estabilidade de agregados e atividade microbiana de um latossolo vermelho de cerrado submetido a sucessões de cultivo**. Dissertação de mestrado em Agronomia—Jataí-GO: Universidade Federal de Goiás, 2011.
- VON LÜTZOW, M.; KÖGEL-KNABNER, I.; EKSCHMITT, K.; FLESSA, H.; GUGGENBERGER, G.; MATZNER, E.; MARSCHNER, B. SOM fractionation methods: relevance to functional pools and to stabilization mechanisms. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 39, n. 9, p. 2183–2207, 2007.
- 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, n. 1, p. 29–38, 1934.
- WARDLE, D. A. **Communities and ecosystems: linking the aboveground and belowground components**. [s.l.] Princeton University Press, 2002. v. 34
- WATSON, C. A.; BENGTSSON, H.; EBBESVIK, M.; LØES, A.-K.; MYRBECK, A.; SALOMON, E.; SCHRODER, J.; STOCKDALE, E. A. A review of farm-scale nutrient budgets for organic farms as a tool for management of soil fertility. **Soil Use and Management**, v. 18, n. s1, p. 264–273, 2006.
- WEZEL, A.; SOLDAT, V. A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 7, n. 1, p. 3–18, 1 fev. 2009.

- WIESMEIER, M.; LÜTZOW, M. VON; SPÖRLEIN, P.; GEUß, U.; HANGEN, E.; REISCHL, A.; SCHILLING, B.; KÖGEL-KNABNER, I. Land use effects on organic carbon storage in soils of Bavaria: The importance of soil types. **Soil and Tillage Research**, v. 146, n. Part B, p. 296–302, 1 mar. 2015.
- WITT, C.; GAUNT, J. L.; GALICIA, C. C.; OTTOW, J. C.; NEUE, H.-U. A rapid chloroform-fumigation extraction method for measuring soil microbial biomass carbon and nitrogen in flooded rice soils. **Biology and Fertility of Soils**, v. 30, n. 5–6, p. 510–519, 2000.
- WRIGHT, S. F.; UPADHYAYA, A. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Science**, v. 161, n. 9, p. 575–586, set. 1996.
- WRIGHT, S. F.; UPADHYAYA, A. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, v. 198, n. 1, p. 97–107, 1 jan. 1998.
- YAMADA, K.; XU, H.-L. Properties and Applications of an Organic Fertilizer Inoculated with Effective Microorganisms. **Journal of Crop Production**, v. 3, n. 1, p. 255–268, 22 jun. 2001.
- YONG, X.; CUI, Y.; CHEN, L.; RAN, W.; SHEN, Q.; YANG, X. Dynamics of bacterial communities during solid-state fermentation using agro-industrial wastes to produce poly- $\gamma$ -glutamic acid, revealed by real-time PCR and denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE). **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 92, n. 4, p. 717–725, 1 nov. 2011.
- YUDI SHINGO, G.; URSI VENTURA, M. Produção de couve brassica oleracea L. var. acephala com adubação mineral e orgânica. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 3, 2009.
- ZAKRZEWSKI, M.; PROIETTI, C.; ELLIS, J. J.; HASAN, S.; BRION, M. J.; BERGER, B.; KRAUSE, L. Calypso: a user-friendly web-server for mining and visualizing microbiome-environment interactions. **Bioinformatics**, v. 33, n. 5, p. 782–783, 2016.
- ZALECKA, A.; KAHL, J.; DOESBURG, P.; PYSKOW, B.; HUBER, M.; SKJERBAEK, K.; PLOEGER, A. Standardization of the Steigbild method. **Biological Agriculture & Horticulture**, v. 27, n. 1, p. 41–57, 2010.
- ZECH, W.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T. M.; MILTNER, A.; SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v. 79, n. 1–4, p. 117–161, 1997.
- ZINN, Y. L.; LAL, R.; BIGHAM, J. M.; RESCK, D. V. S. Edaphic Controls on Soil Organic Carbon Retention in the Brazilian Cerrado: Texture and Mineralogy. **Soil Science Society of America Journal**, v. 71, n. 4, p. 1204–1214, 1 jul. 2007.
- ZÖRB, C.; SENBAYRAM, M.; PEITER, E. Potassium in agriculture – Status and perspectives. **Journal of Plant Physiology**, Potassium effect in plants. v. 171, n. 9, p. 656–669, 15 maio 2014.

## 7ANEXOS

### **Anexo I. Cromatografia de Pfeiffer**

O presente trabalho foi revisado, apresentado e publicado como parte de um intercâmbio de pesquisa com a Escola Profissional de Agricultura Biodinâmica - Landbauschule Dottenfelderhof (Fachschule für Biologisch-Dynamische Landwirtschaft - Landbauschule Dottenfelderhof), Bad Vilbel, Alemanha (PIAN, 2017). Realizado durante a vigência do doutorado. Pela relação com as análises desta tese, este trabalho foi editado em forma de anexo, para fornecer informações complementares.

#### **Title**

#### **Chromatography of Pfeiffer: Principles, method and use in perception of soils**

#### **Introduction**

On rescue of Ehrenfried Pfeiffer (1899-1961) knowledge, chromatography flat surface is presented as a method of comprehensive analysis of soil and organic compost quality, the evaluation is basically the interpretation of image features as revealed by color, shape and harmony. This method contemplates physical, chemical, biological and even biochemical properties, which at first was developed to evaluate the quality of food (PINHEIRO, 2011; RIVERA; PINHEIRO, 2011). The technique consists of some simple laboratory materials and procedures, being relatively practical and easy to identify. In addition, this may be a tool with the potential to raise awareness and encourage the adoption of better management practices of agricultural systems, aiming at soil health and food quality, as well as human and animal health (SIQUEIRA, 2018).

Some works and people pass in my way, providing other points of view about what is and especially the purpose of chromatography. Turning my look for what is beyond the material aspect, to formative forces and the perception of these forces. Creating in me an image of Rudolf Steiner's intentions and Ehrenfried Pfeiffer questions that motivated the creation of 'Image forming methods' (Bildschiffen-methoden). On this path were important: the works of E. Pfeiffer, the couple Kolisko, Rudolf Hauschka and Gunter Waschmuth; Conversations with Roland Ulrich, Bruno Follador, Gunter Gebhard, Ansgar Vortmann and Pedro Paçó; In addition to many classes, joint studies, conversations and questions answered (and sometimes unanswered). Bringing the shape to this work.

The first part will address aspects regarding objectives, uses, methodology and interpretation of chromatography, from a material and spiritual point of view. It is an important part for a deeper understanding of the method. The second part will cover the practical activities carried out during this year.

The motivation for the practical activities arose from this first question: How can I perceive the soil rhythm and life throughout the year? A question regarding my rhythm change when I come from Rio de Janeiro to Germany. It was proposed to monitor 4 areas of the Dottenfelderhof throughout the year, with observations of the development of plants and soil, performing chromatography, simple laboratory analyzes and field observations. Another questions arise from these work: Can I use chromatography as an indicator of soil quality? Can I validate the use of chromatography comparing its patterns with laboratory analyzes? Thus, quantitative assessments, creation and comparison of patterns have been initiated.

More important is to note that the words formulated and the results presented are far from the truth. I did not intend to find definitive answers. It is the beginning of a study that I intend to continue during my life. In a year divided among many readings, lessons and other

activities could not be possible to a deep perception of soils of the farm. As the popular saying "Only the farmer can know what is right for his Earth". Good reading.

### **The impulses and principles of chromatography**

As everything on Earth has two sides, material and spiritual, the method of chromatography developed by E. Pfeiffer as well. These two sides are apparently polar. However, when one walks through the path of material world or the path of spiritual world realizes that one path finds the other. A concordance occurs, what appears to be polar is actually complementary, harmonious. These paths can be traversed through discipline, study and/or evolution of thinking, from spiritual or material point of view. From these two polarities or complementarities, opens range of other complementary qualities or forces that fill our modern life and concepts.

Finding balance, symmetry, between these qualities is one of the goals of many human lives. And is a recurring theme in Anthroposophy, a spiritual science that, as its name indicates, seeks "the knowledge of the human being". The founder of this science, the philosopher Rudolf Steiner, devoted much of his time to talk about opposing forces that act at all times in earthly life. That influence from our physical form until our thinking, attitudes and decisions. Understanding these forces, and making them conscious in us, is one of the proposed ways, to arrive a balance in our actions in this earthly life.

Arrive at this balance, in this point of forces culmination, would result in the purest harmony, possible in this earthly life. The search for this harmony was constant in E. Pfeiffer's life, he said "*since the first time I experienced the pure harmony, when I was young, I never stopped looking for it*". For most people this experience is something that occurs a few times in life, often unconscious. For Pfeiffer it is "*a sense of resonance with universe, of connection and agreement, in which perfection and truth are present*". This harmony can be found in musical compositions, ex. when a musician transports you to another world. Music is the best door to harmony. Beyond that, harmony can be found and cultivated in nature, in forms, in meditation, in dreams, in all area of work, including in social relations. The latter is especially difficult to cultivate, but "*anyone who has ever experienced a true resonance between two people knows how special the harmony can be and how wonderful can be the result of this relationship*" (R. Ulrich's words).

All work of E. Pfeiffer (1889-1961), including the development of chromatography has this mark, somehow involves this search for harmony. As a young man (aged 19 to 25) Pfeiffer lived with Steiner. During this period he worked intensively in Goetheanum, studied all the important works of anthroposophy and in parallel he study chemistry at the University of Basel. Pfeiffer was aware of these forces that surround us, for him the impulses for creation the 'Image forming methods' were: "*to understand and study the formative forces and, above all, to development the perceptive judgment power*".

The assumption of these methods is that "*formative forces contained in the samples can be revealed in a physical form, that is, the forces become visible to our senses.*" This revelation occurs by formation of crystals, in sensitive crystallization, and formation of an image with forms and colours, in the capillary dynamolysis and chromatography. Making possible to study and understanding these forces, through the development of our perception and cognition (imaginative, inspirative and intuitive).

After almost 100 years since the creation of methods, it is noted that its use as an analytical, scientific tool, with creation of standards and comparisons has advanced a lot. The easy way. The deep intent, which could bring the development of our perception and cognition, has been forgotten. This development is not easy, requires discipline, patience and perseverance. But it becomes more and more necessary as we face the degeneracy generated



by materialism. For Steiner *"the substitution of materialistic cognition for the imaginative cognition is the only way to take the planet to another evolutionary level."*

The interpretation of chroma, as well as the development of imaginative cognition, requires discipline, patience, and perseverance. Nevertheless, we must not forget this intent of the method. For Pfeiffer the development of thinking and imaginative cognition leads to encounter of truth, of pure harmony.

### **Chromatography as a soil quality indicator**

The question of the academic community (Brazilian, at least) for Pfeiffer's chromatography can be summarized as: Can this method be used as an indicator of soil quality? Or, can you create patterns and use chroma to compare soil quality, proving the efficiency of this method compared to other traditional methods? These questions lead us a primordial inquiry, what is soil quality?.

An example of a definition, widely accepted by academic community, was elaborated by Doram and Parkin (1994): *"Soil quality is the ability of a specific soil type to function, within the limits of the managed or natural ecosystem, as sustaining the productivity of plants and animals or increasing the quality of water and air and promoting human health ... indicators must follow the following criteria: 1) involve processes that occur in the ecosystem; 2) integrate physical, Chemical and biological properties and processes; (3) be accessible and applicable in field; (4) be sensitive to variations in management and climate; and (5) be a soil database component whenever possible"*. This concept arouse curiosity, because authors sought to encompass various functions of the soil, effects on nature, plants, animals and even human beings, specificities and complexities, in the same sentence. It is a difficult definition, but was largely accepted. Since its publication, almost all publications related to the topic use this definition. Since I starting to work with quality indicators I have used this concept repeatedly, to contextualize my studies with some logic (if everyone uses this concept I must also use it).

According to this definition Pfeiffer's chromatography can be used as an indicator of soil quality, it meets the criteria. In the way of using chromatography as an indicator, along with other laboratory analyzes, some academic papers were developed. Highlight for Perumal et al. (2016) in India, who developed the "Alternative Analytical Technology (AAT)", software for rapid interpretation of chroma, based on a wide database that correlates the images with soil nutrient values. Other works such as de Haßold-Piezunka (2003), Kokornaczyk et al. (2016) and Maseda (2016) have created patterns in chroma, comparing with other analyzes, for composting, different types of soils and detection of heavy metals in contaminated soils, respectively. The creation of standards and validation of the method is also proposed in my doctoral work.

In this sense, chromatography could be used as an indicator of chemical, physical and biological soil characteristics. Aggregating in the same analysis several indicators, which would give to farmers a completely report of his soil conditions. If we consider that chromatography can be performed anywhere, not requiring complex laboratory equipment or reagents, being a quick and inexpensive methodology. It becomes an instrument of farmers' independence. The validation of the method by academy allows the popularization and use by more farmers, what already happens nowadays in India.

### **The chromatography method**

The chromatography developed by E. Pfeiffer consists, in simple words, in sample (soil, compost, food, juices and etc.) collection, drying if necessary, fine maceration and weighing. This volume will be mixed with an extractive substance, sodium hydroxide, and will rest for decantation of the coarse particles. After the resting time, the supernatant will run

through the circular filter paper, previously impregnated by a developing substance, silver nitrate. By capillarity phenomenon the substances are retained in the filter paper. In contact with light the reaction between the developing substance and the sample finish, revealing characteristic forms and colours. Figure 1 briefly shows this process.



**Figure 1.** Chromatography process for soil: a) collection in field; B) drying, maceration and sieving; C) mixing 5 g of soil with NaOH and stirring; D) rest for 6 hours; E) impregnation of circular filter paper with AgNO<sub>3</sub>; F) running the soil solution on impregnated paper; G) drying in indirect light; H) final image.

Thus described, the method is summarized to chemical reactions that result in an image development, which through interpretation, creation of standards and comparisons, leads to a diagnosis of the sample. In the process of creation the method he studied the substances and their characteristics, actions and reactions. He tested different acids, bases,

metals, combinations and concentrations until found the perfect reagents. Described in the book "Chromatography applied to quality tests".

The first chemical reaction is the mixing of the sample (soil, compost, food and etc.) with the extractive substance, sodium hydroxide - NaOH. This is used at concentrations of 1% or 0.1% and extraction time from 1 to 12 hours, depending on the sample characteristic. For example, soils and mineral materials need to be mixed with 1% NaOH and an extraction time of 6 hours. Fresh milk and foods are mixed with 0.1% NaOH and extraction for 1 hour. Sodium hydroxide, better known as caustic soda, is a strong base, widely used in domestic and industrial cleaning, because the ability to dissolve organic molecules, fats and others 'dirties'. The same principle is applied in chromatography, where the result of reaction is the sample dissolution. NaOH reacts actively, breaking down rigid, solid substances, long and complex molecules, making them smaller and more mobile molecules. Bringing mobility to the sample, so, the substances can run through the filter paper. So, solid samples, such as soil and compost, need to react with more concentrated NaOH and for longer time than fresh liquids and foods.

Sodium is an alkali metal with high internal energy and reducing ability. In its metallic form it is very reactive, oxidizes with air, reacts violently with water and is very corrosive in contact with skin. This characteristic can be observed, for example, in cutting a small piece of metallic sodium and put in contact with the water. The result is an explosion, with intense release of light, heat and smoke. In the human and animal body is present, being vital for the functioning of the organism. It acts on our neurological, sensory processes and osmotic balance responsible for transmission of nerve impulses. In plants the concentration is small, being toxic for plants in large quantities in soil.

From anthroposophy point of view, sodium is known for its great ability to dissolve and, moreover, as a centralizing substance. When it dissolves bring substances to a center, it forms a core. It has a great importance to humans and animals, which need their own center. A center of our own that makes us more independent of earthly forces. Allowing our locomotion with freedom on earth and bringing Individuality. Since plants do not contain a center in itself, its center is the soil itself, did not need sodium. In the chromatography this ability to dissolve associated with this ability to center, is very important, because centralization is in principle a structuring process. The solid sample is dissolved, brought into a liquid state to run through the filter paper, but at the same time retain a structuring characteristic, so that forms emerge at the end of the process.

Reflecting on the forces present in samples, NaOH could release these forces from a solid to a mobile form, allowing their development. The formative forces that bring the form to the sample are brought to a liquid state, run on filter paper and then return to act bringing the forms that we see in the chroma. So, we can say that the chroma forms are result of the act of formative forces that previously acted in the sample.

One negative point of using sodium is its great internal energy, which could be over-dissolving the sample, breaking and destroying the substances and forces present therein. Therefore a special care must be taken with its concentration and extraction time. Another negative point is your chemically active in the reaction, being able to react with the forces and substances, altering them and generating a false image.

Another option proposed by Pfeiffer as extractive reagent would be potassium chloride - KCl. Potassium is also a substance with great internal energy and dissolving power, greater than sodium. However, unlike sodium, it dissolves the substances and does not back to a center, it dissolves and dissipates the substances. It could react with the sample, dissolving it and making the substances and forces more fluid and mobile, with greater ability to run through the filter. Chlorine would be present as a counterpoint, because has a strong structuring ability, to bring form and structure to liquid substances, it would contribute to

form formation. Figure 2 shows chromas of the same compost that reacted with NaOH (right) and KCl (left), made at same concentration and same day.



**Figure 2.** Chromas of the same compost that reacted with NaOH (right) and KCl (left),.

The second reaction, which occurs in parallel with the first, is the impregnation or sensitization of the circular filter paper with a solution of silver nitrate -  $\text{AgNO}_3$ . This impregnation happens by capillarity phenomenon, which occurs when a liquid solution travels through the pores of a solid material, in this case the filter paper. The 0.5%  $\text{AgNO}_3$  will impregnate the filter from the center until a mark at 4 cm radius. Upon reaching this mark the filter is removed from contact with the  $\text{AgNO}_3$  solution and placed in box to drying for 3 hours, without contact with the light. After this time, the sample reacted with NaOH will run thru this sensitized filter paper, from the center of filter until a mark at 6 cm radius. The reaction ends in 5 to 7 days, when the chroma stays in contact with indirect light, revealing its colors and forms.

Silver is a metallic element, with the greatest ability to conduct heat and electricity in metals. Because it is very malleable is used to manufacture jewellery and musical instruments, for its ability to make sound repertoire in pure form. Its most striking feature is noticed in mirror, silver creates the most perfect mirrors, which reflects the most faithful image. In living things is toxic at low concentrations. But its salts are absorbed by human body and deposited in skin, mucous membranes and especially in our sense organs and brain. Hauschka said "*the silver process works on a higher plane in the brain, the organ that enables us to reproduce thoughts and mirror the word in our conceptual life*".

Another notable quality of silver is its relation to light. Silver salts are extremely sensitive to light, which provided the photograph creation. The principle of photography was described by L. Kolisko "*The slides are covered with a thin film of silver salt and exposed to the light. The chemical reaction takes place, the silver returns to its metallic state. This only becomes apparent after the developing process. The exposed slide contains the effects of light on the silver salt. We develop these light influences in the dark room with special developing and fixing solutions. The silver returns easily to its metallic state, it is easily "reduced," speaking in terms of chemistry*".

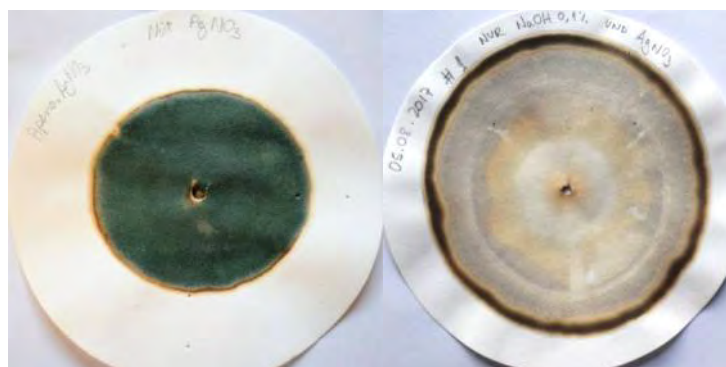
In all uses and processes involving silver the characteristics of mirroring and light sensitivity are present, as well as in the chromatography. When we impregnate the filter paper with the  $\text{AgNO}_3$  solution and leave it in a dark box for drying, we are creating a thin silver film on the paper, as in photograph slide. When the sample runs on this silver film there is immediate formation of silver hydroxide ( $\text{AgOH}$ ), a relatively unstable substance, which quickly forms a precipitate of silver oxide ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ) (Pfeiffer, 1984). This silver oxide reacts with light revealing dark coloration. The minerals, organic molecules, proteins, vitamins and humic substances contained in the sample react with silver, forming complexes that result in different colours, forms and secondary structures such as arrows, zones and circles. For

example, samples with higher concentration of nitrogen solubilize silver oxide, forming the Amin silver complex  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  which results in a white coloration in the central zone of chroma (Figure 3).



**Figure 3.**  $\text{AgNO}_3$  effect on chromatography. The same compost sample reacted with NaOH and run on  $\text{AgNO}_3$ -sensitized filter paper (left) and non-sensitized filter paper (right).

After studying all these characteristics and forces present in sodium, silver and nitrogen, you can think that they are responsible for the forms and colours revealed in chroma. After the observation of Figure 4, it is noted that this is not possible.



**Figure 4.** Chroma of pure solution of  $\text{AgNO}_3$  (left) and chroma of NaOH solution that ran on filter paper impregnated with  $\text{AgNO}_3$  (right).

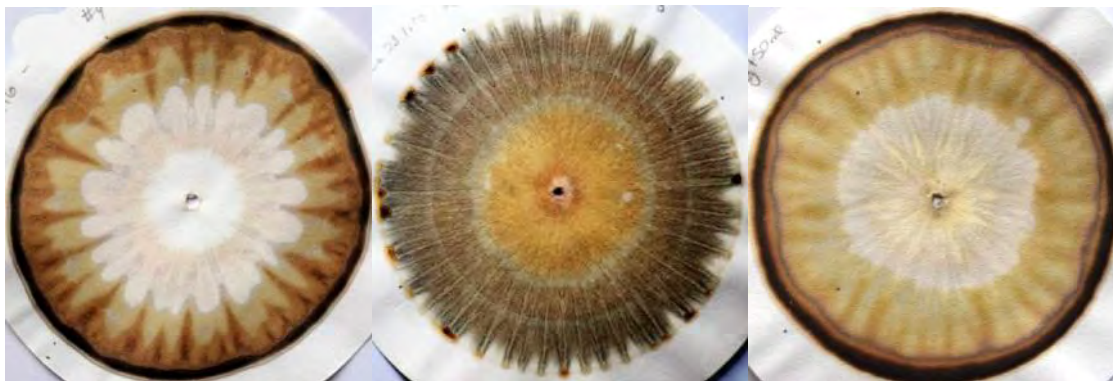
The colours and forms of chroma are the mark of sample substances and forces. , each chroma is unique as it reveals unique shapes and colours of the sample. Despite these unique patterns, the chrome presents repeatability. It is an important prerequisite for the use of chroma in academic studies. In this work, all the chromas presented have 3 simultaneous replicates, that is, for each NaOH mixture with soil 3 chromas were made.

Besides the chromas being unique, representing unique forms and colours from samples, there are general characteristic patterns for each substance group. For example, soil chromas are similar to each other, with similar general characteristics, but very different from chroma of milk or compost. Over time these general characteristics become clearer and the specificities more apparent.

### **Forms, colours and patterns of chromatography**

When a person looks for the first time a chroma, he asks the person who does the chroma: *what is it?* After briefly explaining about the process, the next question is always: *what is it made?* In general, it responds quickly: it is soil, compost, potato and so on. The moment that this last answer arrives, all thinking and *curiosity* about what that would be ends.

The door to the 'thinking' that a question opens closes very quickly. The person got the answer and no longer needs to think about it. But what would happen if you visualized 3 chromas without knowing what they are, as in the Figure 5 below, and someone asked you: *What are made these chromas?*



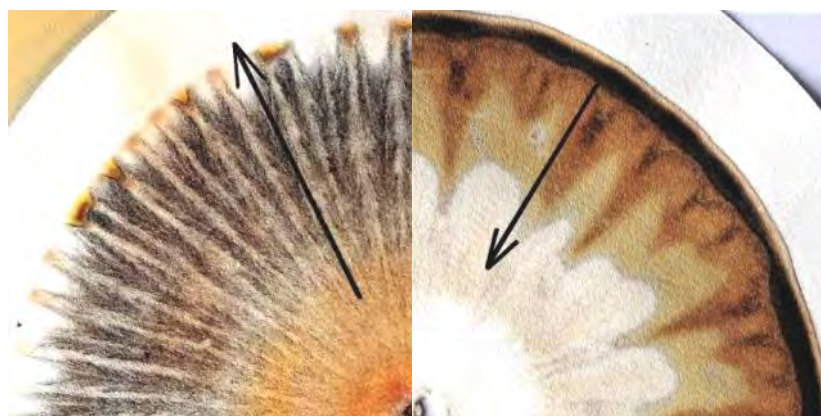
**Figure 5.** Chromas 1, 2 and 3.

Providing 5 options may be easier. In the image above the options are chromas made from compost, soil, apple, potato or milk. Soon thinking is activated. "everyone knows an apple, a potato and the soil, but this image shows something I've never noticed". It is possible to advance in the thinking, reflecting on milk characteristics, its constituents, function and importance for nutrition. Would be possible to associate these characteristics with the chroma? Associate forms and colours with functions and uses of materials?

In theory, yes. Characteristics, functions, uses and components presents in the material that created the chroma are closely related to the forces of this material. When we reflect on these functions and characteristics or try to revive the forces that this material contains, it would be possible to find this connection between material and forms of chroma. Let me give you an example.

Milk has a very special role for mothers and children, "*milk is iron-free blood*" Steiner said. A food generated by the mother to feed your childbody, the first food brought from outside into the newborn organism. It contains fewer minerals when compared to the soil, but a lot of proteins, carbohydrates, vitamins and enzymes, in a liquid form. The soil in contraposition is solid, it contains a big mineral part and humic substances. Its proteic and enzymatic part comes from the organisms that grow there. The soil also has a very special function, as described in the second lecture of the agricultural course "*a living organ in the agricultural individuality*" and "*the center of the plants, the earth diaphragm*". The intermediary between cosmic forces and life on earth, feeding the earth and plants with the forces that comes from the cosmos. It radiating out these forces.

We can say that the function or mission of milk and soil are almost opposite. The soil radiates forces from itself to outside, feeding plants and soil. Already the milk radiates forces from outside to inside, feeding the animal and human organism. These two ways of irradiation can be observed in the chroma, by the direction that the channels radiate (Figure 6). In the soil the channels (which look like arrows) grow from the center to the border, in the milk the channels grow from the border towards the center. This general form of chroma, or tendency of irradiation, reflects the mission of the material or the *macro-cosmic relationship* with earth, cosmos and other living beings. In the example, both have the mission of feed and nourish, but milk feeds the body with materiality and vitality, while the soil nourishes the earth with cosmic forces.



**Figure 6.** Trend of irradiation of the soil chrome (left) and milk (right).

The specific relation of the sample with the landscape, with the growth conditions or with specific forces of the time of the year can be micro-cosmic influence. This *micro-cosmic relationship* can be observed in chroma in more specific patterns, such as in the presence and forms of channels, spines and concentric rings in the middle of the chroma. This specific patterns contributing to understand and differentiate chromas made of the same group of materials. For example, in the differentiation of different soil types or soils collected at different times in the year, as will be presented later in this work.

The chroma interpretation involves the image description, to standardize this description we use names for the typical forms observed (Figure 8). First we separate the chroma into 3 zones: central zone (a), inner zone (b) and outer zone (c). The forms found in the inner zone are called ‘channels’ and ‘concentric rings’ and the form represent the channel that advances throw outer zone is called ‘spike’.



**Figure 7.** Zones and forms of soil chroma: central zone (a), inner zone (b) and outer zone (c), channels, concentric rings and spikes.

For each zone and shape found in chroma, general characteristics and functions of soil can be related. By the central zone pass all the substances and are distributed in the chroma, the first reactions with the silver occur here and the formation of silver oxides is more intense. This zone is also called ‘aeration zone’, because reflects the aeration conditions and the presence of nitrogen. Soils with little aeration and tendency to anaerobic metabolism would have dark zone, and aerobic soils present a yellow coloration and cream. In soils with a high presence of soluble nitrogen this zone assumes white coloration.

The inner zone, called the ‘mineral and organic matter zone’, concentrates the reactions with minerals and humus of the soil. The concentric rings present in this zone indicate the presence of soluble minerals, if they are detached and without integration with

other rings, may be indicative an excess of soluble minerals. Already when rings are integrated and the colours evolve continuously, it indicates that the minerals are in equilibrium and present in the form of humus-clay complexes. The humus accumulates at the end of this zone, giving brown colours, if the brown colour evolves from beginning to end of the zone in continuous way indicates that the humus is integrated with the minerals and available for the plants. If the brown coloration is disconnected from the more inner zone indicates that humus is immobilized.

The outer zone is the expression of complex substances of high molecular weight, such as proteins, enzymes and vitamins (Pfeiffer, 1984). Substances created by metabolism of microorganisms present in soils, therefore indicate the biodiversity of the soil. This zone is very connected with the presence and distribution of canals and spikes. The number and the rhythmic form and distribution of channels represent the balance of soil microorganisms. In addition, the channels are a pattern of the integration between all zones. Soils with a balance and integration between mineral, humus and microorganisms fractions present channels that start in the central zone and go to the external zone.

### Use of chromatography in different soil along the year

#### Soil and plant rhythm

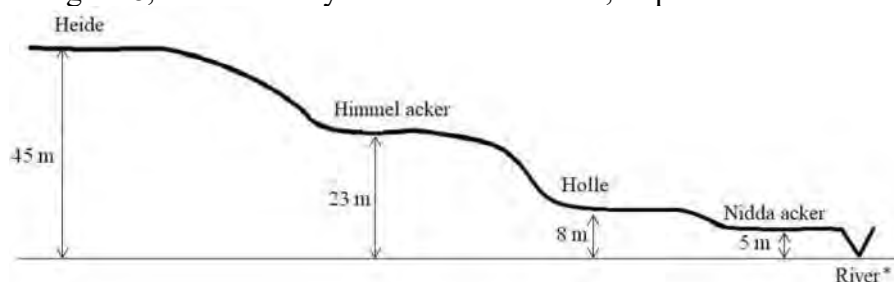
The soil rhythm is perceived in the change of its characteristics and forms that change according to climate, landscape, type of soil, culture that develop there, human work use, among other factors. In order to work this perception, we propose the creation of 'own images', through the detailed description of the observations of nature, its characteristics and forms, from different points of view.

Four groups of images were developed about soil and plants rhythm throughout the year. The first group regarding formation, classification and physical characteristics of soils. The second general rhythm of soils throughout the seasons. The third with images are the development of plants and soil for each area. The four groups show the results of the pH analysis, nitrogen soil moisture. Four cultivation areas of Dottenfelderhof farm were chosen, according to different soil types, location in the landscape and crops implanted according to crop rotation:

- 1 - Heide: eroded Ultisol, originating from Loess; Planting of winter wheat.
- 2 - Himmel acker Strasse: Ultisol originating from silty-silty sediment; Planting of legumes, grasses and herbs for animal feed.
- 3 - Hölle II: Ultisol originated from clay-sandy sediment; Planting with of rye.
- 4 - Nidda acker: Gleysol near the River Nidda; Planting of beet for animal feed.

#### Formation, classification and soil morphological characteristics

A first step in understanding soils is understand their physical part, related to their geology and formation processes, which resulted in the soil type and characteristics that we observe today. The location in the landscape or topography of each area on the farm, as shown in Figure 8, indicates a dynamic between areas, important in formation of these soils.



**Figure 8.** Schematic distribution of the four areas in topography and heights relative to the Nidda river level in Dottenfelderhof farm. \*River is 100 m above sea level.



The original rock of the region is loess (in German Lösslehm), which corresponds to a continental deposit accumulated by wind, during the last interglacial periods of the Quaternary. This loess has undergone different processes of weathering, erosion and consequent soil formation, since its first deposition. To understand the most recent formation of the farm soils, a brief history must be told, as did Martim von Mackensen at the beginning of the Landbauschule class:

"Let's turn our imagination to 2000 years ago, when the first great civilization dominated the region and caused an intense change in the landscape. The Roman empire was responsible for the creation of the first cities and the famous thermal baths popular in this region of crystalline water sources, but they needed a lot of firewood. This resulted in the cutting of original forest that dominated the landscape and mountains of the region. This large deforestation gave rise to an incredible wind erosion process, generating the accumulation of almost 2 meters of sediment on the original soil. A huge volume of soil and sediment accumulated in just 2000 years, incredible thing".

This story is backed by studies and facts, including an event at the Dottenfelderhof farm itself. During the construction of the subsoil of present cheesery at 2 meters depth, below the current soil and red-yellow sediments was found a layer of almost 30 cm of black soil, rich in calcium and with remains of Roman objects. It portrays the sediments deposition located in the lower parts of farm, such as Hölle, Feldgarten, PfafferWald, Nidda, pastures and the whole site.

The area Hölle received clay-sandy sediments, a colluvial erosion of several surrounding hills, including from areas Heide and Himmel acker. The Heide area, which is located in the highest part of the landscape, lost its source material that was deposited in the Himmel acker, clay-silt sediments. The Nidda area received colluvial and fluvial sediments, due to its proximity to the Nidda River. The result of this sediments dynamic is the formation of very different soils, that change completely in a few meters.

The soils of Nidda acker are classified as Gleysols, with appearance of mottles at 40 cm depth and Gley horizon at 50 cm. Clay-textured, with 60% clay, 15% silt and 25% sand. With almost 3% organic matter and nutrient level good to high and in this year excess soluble nitrogen. The 5-30 cm layer presents structure in large angular blocks and coloration. Due to the high concentration of clay, sub-surface water and proximity to the river, they maintain humidity for a long period, but when is dry became very hard. In times with excessive rains can raise the water level to surface. The management of the soil is done with care to avoid formation of compacted layers and losses in structure. Organic waste decomposition and mineralization rate is slower in this area.

The soils of Heide, Himmel acker and Hölle are classified as Ultisols or Argisols (in the German Parabraunerde), because they have a Bt horizon, with clay accumulation about 40 cm depth. Although they have the same classification, they have very different characteristics, which give to each soil a different relationship with plants, organisms, microorganisms, organic matter and with the 4 elements, warm, air, water and earth.

Heide soils presents 50% clay fraction, 20% silt and 30% sand, classified as clayey texture, about 2.90% organic matter and nutrient level at a good or high level. In the layer of 5-30 cm presents structure of angular blocks, medium, red-yellow color. With these characteristics it is a soil with good capacity to form stable aggregates and maintain the organic matter, but special care is taken in the soil work to not cause compactation and formation of sub-surface compacted layers. In recent years, the soil work has been reduced in depth, only every 6 years a deep plowing is done to keep aggregates and humus stable.

Himmel acker Strasse presents 40% of clay, 30% of silt and 30% of sand, being clay-silt texture, with about 2.70% organic matter and good nutrient level, with slight potassium

deficiency. Have a granular or cracked structure, yellowish-gray colour. Due to the high silt content it is difficult to form aggregates and permanent structure, as well as to create complexes with humus. Is a soil with high activity where you can see the rapid decomposition of humus and vegetable remains. The soil work has special attention, because if done in non-favourable times don't have results, the soil loses its aeration and structure easily.

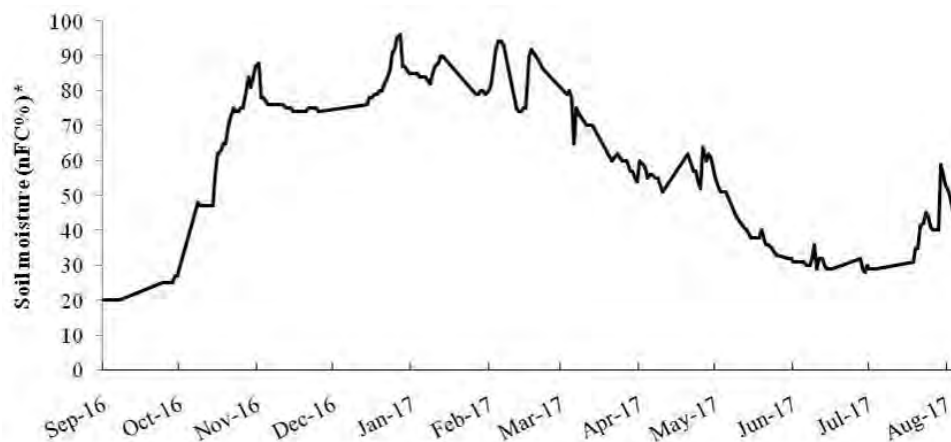
Hölle presents 40% clay, 20% silt and 40% sand, being loamy clay, about 2.20% organic matter and nutrient level good to medium. In the layer of 5-30 cm presents granular structure or small angular blocks, yellow-red coloration. For being a more sandy soil the formation of stable aggregates and humus is difficult. Soil preparation is apparently easier, but if left unattended, it causes aggregate destruction, rapid mineralization of organic matter and clay leaching to deep soil layers.

### General soils rhythm throughout the seasons

For central Europe conditions intensive cultivated soils (in German ackerbau) present a similar annual rhythm, as approached by Manfred Klett in the lectures of JanuarKurs from LandbauschuleDottenfelderhof. This annual rhythm can be more or less intensive according to the region and soil type. It is variable according atmospheric physical factors such as temperature, humidity and precipitation and cosmic factors such as solar incidence and influence of the moon, planets and other stars.

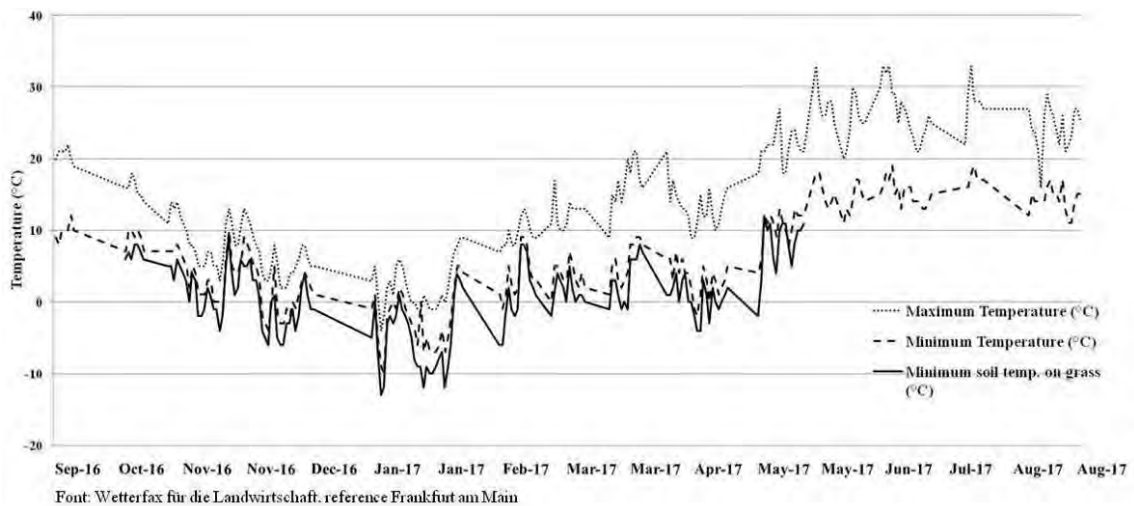
Observing the atmospheric and soil temperature (Graph 2), during the period from September 2016 to August 2017, the variation between the seasons is clearly. In winter, from end of November, minimum atmospheric and soil temperatures were negative, indicating the beginning of the frost period and the crystallization of water and soil minerals. It was during the months of December and January that the cold intensified, the soil was frozen for 24 days continuously in the turn of the year. And other freezing and thawing cycles occurred in these 2 months. With the arrival of spring, in end February and March, there was a constant temperature rise and few rains. Already the month of April surprised everyone, bringing late frost. In May temperatures reached their peak, above 30 degrees, with few rains. The summer, from June to August, can be characterized as mild, by the constant oscillation of temperatures and rains.

Another physical factor is soil moisture (Figura 9 and 10). The beginning of winter is marked by an increase in humidity, the field capacity reaches 100%. This humidity remains high until the spring arrival when begins to decrease and present variations as a result of rains. August showed an increase in humidity due to heavy rains at the beginning of the month.



**Figure 9.** Soil moisture of 0-60 cm depth from September 2016 to August 2017.

\*nFC: Soil Capacity above grass; Fonte: Wetterfax für die Landwirtschaft, reference Frankfurt am Main.



**Figure 10.** Atmospheric and soil maximum and minimum temperature, from September 2016 to August 2017, in Dottenflederhof, Bad Vilbel, DE.

The curve that soil moisture presents throughout the year follows the inverse trend of the temperature curve and duration of day. In decrease of day duration, solar incidence and temperatures, the rate of water losses in soil decreases and the water begins to accumulate in soil. In winter the solar incidence is in average 3 hours per day. As the relationship between water and air on soil pores is direct, so a soil saturated by water does not present air. When reaching sufficient low temperatures all the soil, including water, humus and minerals froze, become crystals. This crystallization force transforms every liquid form into solid, densifying matter, concentrating it and bringing into a center. This concentration is also an individualization process, when matter closes in itself and does not relate to those around it, characteristic of every solid element. The earthly lives as plants, microorganisms and animals, cannot grow and feed in crystals, need water. We can say that soil reaches in winter your great individualization point in relation to the Earth. It is gathered inside of itself. But it is not static all frozen and thawing cycles during winter (crystal formation and solubilisation) bring movement to the minerals. The process of soil and structures formation is occurring actively. All these physical process underlie what spiritual science has to say about winter forces.

Spring represents the unfolding of forms in nature, the awakening of living beings in and on the ground. In soil, the crystals formed in winter dissolves, the water returns to the liquid state and begins to give space to the air. In these soil colloids bacteria and other microorganisms alive become active, initiating a process of humus formation. On the soil surface, buds begin to bloom, animals and insects become more active, and in few weeks the green spreads through nature. Formative forces act both on and off the ground, a balance of vitality.

The summer characteristics are opposed to winter. Temperatures are high, the days long, the speed of soil water loss is high and soil humidity varies with precipitation. The soil formation that was intense in the winter, here can occur the destructuring and loss of soil. The soil pores present air and water in balance. Conditions for develop of life and forms of nature. Plants, animals, insects, microorganisms and living things that we observe are active. In soil, macro-fauna and microorganisms accelerate decomposition and mineralization of humus and materials, releasing nutrients in the soil solution, feeding plants and other beings. The dynamics between minerals, humus, plants and animals is intense. Soil and plant are united in growth. Earth life is concentrated in what grows above soil surface. The activity of soil is concentrated in feeding earthlife. The soil gives its vitality to what grows in itself. Formative forces are acting intensively on all these forms of life, not so much on the soil minerals.

Autumn is marked by falling temperatures, increasing soil moisture. There is again a vitality balance, between what is above and below ground. Plants begin to lose their forms, walk to death after the maturation of summer, the trees lose their leaves and move their energies to roots. Soil prepares for winter. The microbial life lost its activity in function of temperature and soil moisture. Therefore, soil preparation is recommended, as it does not generate losses of humus by mineralization. The preparation breaks the soil structure, generates the chaos, a new beginning. Trough this chaos forces of crystallization and of cosmos can act, initiating a new annual cycle.

### **Development of plants and soil throughout the year**

The monitoring process in each area was done on a constant basis. It started in October 2016, after harvesting the crops or soil preparing. And it ended in early August 2017, when the grain harvest was over and a new cycle was about to begin.

#### **1 - Heide**

In the year 2015 and 2016 the area was implanted with a mix of alfalfa, grasses and herbs for animal feed, current moment of crop rotation of area Himmel acker Strasse. In September 2016 the soil was prepared with elimination and incorporation of the plant mix and in October it was surface plowed at 12 cm depth (Figure 11).



**Figure 11.** Heide area in September (a), end February (b), beginning June (c) and end of July (d); and development of wheat tillering in April (e), ear development in June (f) and maturation in July (g).

In November the winter wheat was sown, but followed by a period without rain. After almost two weeks and a few rains, the wheat began to absorb water and to throw its first root into the soil and the first leaf into the air (Figure 10). After this first leaf was released, in some plants until the second leaf, the winter arrived with intensity, bringing frost and the soil crystallisation. The small plants stopped their development. The wheat entered a state of dormancy, detaching itself from the soil that went through a freezing and thawing cycle.

Reindeers and rabbits wandered through the area and fed on these small leaves, but without killing the plants. In mid-February the soil thawed and the plants took a new boost for growth. They threw the third and fourth leaves and cast their tiller. In less than 2 weeks they reached the rosette state in mid-March. As the leaves developed above the ground, below the roots grew and formed a mass reaching 20 cm deep. The soil structure changed after winter, in superficial layer small angular blocks appeared interspersed by roots, and until the 30 cm of depth average angular blocks were observed. At this time an impulse to soil life arose and many earthworms and other fauna insects dominated the open profiles.

The heat at the beginning of April stimulated the stretching of the tillers, and the frost in the middle of the month slowed down this growth. The roots formed a mass that dominated the soil and grew deeper than soil profiles. May was marked by an intense growth of wheat. The end of elongation and the rise of the ear, bringing to surface between the 'flag leaf' the green ear of wheat in full bloom.

July witnessed the filling of wheat grains, which fattened the ear that stood erect, always pointing toward the sky. The soil underwent periods of drying and wetness. Many insects of macro and micro fauna were observed in soil. In June the already formed and large grains began maturation process, the plant translocated its forces to these grains and the drying of leaves began from the bottom up, the senescence or death began. Over the earth the roots mass that dominated the soil, which were the bridges between the soil food and plant, detached themselves from the upper plant part. They also entered a death process, delivering their energy and structure to soil microorganisms, for a new beginning of life. Death always brings more life. Root gave itself to soil, feeding it. Plants give itself to its seeds. Within 2 weeks the wheat was dry, the earlobe that once indicated the sky turned downward, as saying "*I am ready to deliver my grains to earth*". Harvest moment, which occurred at end of July.

## **2 - Himmel acker Strasse**

In the year 2015 was planted the mix of red clover, grasses and herbs for animal feed. In 2016 the area was cut 3 times for hay and fresh feed of animals. In 2017 it was in its second year of use. Figure 12 shows the general view of the area during the year 2017, in periods between cuts.

In November 2016 clover plants were well established, but few grasses and other plants were observed. The last cut of the year had been made at 5 cm high, and the plants had grown little since then. But its roots dominated the initial 15 cm of soil, in smaller volume they extended to a greater depth. In the months of December, January and February the plants and their roots developed little, they entered a dormancy, accumulating their energies while the soil crystallized. The end of February brought permanent soil thawing and earthworms dominated this soil, feeding on soil and compost that had been applied in the previous year. Despite the great formative strength of winter, the soil structure did not change much, there was no formation of block structure, soil remained as a uniform layer with granular structure, related to the silt content. The clover plants began to shed more leaves and grows; the first new leaves of grasses were noticed. March and April were marked by an incredible development of plants above ground, which closed its surface, forming a green and juicy carpet. The same occurred in the soil, clover roots in the upper part of soil formed a mass and the active nodules

of biological nitrogen fixation were observed. In greater depth the grass roots and herbs developed.



**Figure 12.** View of the Himmel acker Strasse area in April (a), June (b), August (c) and treble ground cutting in April (d).

In April and May, when the leaves were 40 cm, the first cut was started. The highest proportion of green mass cut off was red clover, new leaves of grasses and grasses were observed in lesser quantity. Half of the area was cut for fresh feed the other part was cut for hay or intended for composting. After cutting a new growth boost was observed in clover plants and also in grasses and herbs that need light to develop. The green mass of plants that developed in this new impulse presented a more balanced proportion of clover, grasses and herbs. The heat, humidity and long days of May and June contributed to this impulse. In July another cut was carried out amidst the flowering of clover plants. The image of August shows half of the cut area and the other half with clover in full bloom (Figure 11). Due to this intense movement of machinery for the cut, lines were formed where the wheels of the tractor passed continuously. In these lines, cracked structures were formed in the soil, indicative of the compacting process. In the areas outside these lines the soil was maintained with the characteristic granular structure, without any indication of compaction. A final cut will be made and the soil will be prepared and plant mix incorporated into the soil. Feeding the life and the crops that will arise in the crop rotation.

### 3 - Hölle II

In the year of 2016 the area was cultivated with winter wheat, current moment of crop rotation at the area Heide. The wheat harvest was in July and in August the soil was prepared with surface blowing at 10 cm depth. In October the area was sown with rye, followed by a rain that brought moisture to soil and stimulated seeds germination. They threw their roots and the first leaf in less than a week. In November rye plants already had 3 to 4 open leaves and in average 10 roots, that occupied the initial 5 cm of soil. Although the temperatures and the hours of sunshine diminished, the small plants continued to develop. In mid-December,

when the frost arrived and ice crystals covered the soil (Figure 13), the first tiller began to appear.

With winter intensification, the plant development speed slowed but did not stop completely. During periods when the soil thawed, the plants took advantage of it and threw a few more tillers, patiently, slowly one after another during December, January and February (Figure 13). Thus, at the end of February the plants were with the tassels formed, opened in rosette, covering the soil with green. The roots reached 30 cm deep and the life of the soil organisms intensified around these roots.



**Figure 13.** View of Hölle II area in December (a), May (b), rye falling in June (c) and July (d) and growth of rye on 3-leaf stage in December (e), tillering in February (f), flowering in May (g), ear development in June (h) and maturation in July (i).

In March and April, with increasing hours of sunshine and temperature, the plants began to along the tillers. It was an explosion in vertical growth, a less than 2 weeks the plants reached 1 meter in height, after another 3 weeks they were already 2 meters. The ear was on its way among the curled stem leaves, in early May the first ears sprang out of the flag leaf, received by the strong sun of this month, blooming.

In May the roots also exploded in growth, a mass dominated the initial soil layers and may have reached 2 meters deep. Still in May due to heavy rains, winds, the size of the plants, brittle stem structure and factors linked to soil and cultivation method almost the entire area

falling over early. The stems did not crack, they doubled, the fibers remained united and the roots continued to bridge soil and plant, feeding the development of the ear. After the falling a layer accumulated cereal, contributing to maintenance of soil moisture, more insects, earthworms and microorganisms were noticed in this layer and in soil. Still at the end of May and June, the grains began to grow, swelling, accumulating water and minerals, milky. By mid-June the plant appeared to translocate nutrients from its leaves to the grains, the characteristic bluish-green colour of rye began to give way to yellow. New roots were no longer produced, and in observing the soil, instead of white, new and active roots, there were only yellowish, older roots.

At the beginning of July the rye was already dry, its leaves yellow, maturation had brought energies from plant to the seeds, grain. The plant died to form the grains a last impulse to these seeds generated new plants and could feed other live beings. By mid-July were harvest despite the falling of almost entire area, and straw was rolled up and stored.

#### **4 - Nidda Acker**

In 2016 was cultivated rye, current moment of crop rotation that is the Hölle II. The rye was harvested in July and in the middle of August fertilization was carried out with the bed of the cow stall (Stiffstall), in the order of 300 kg Nitrogen/ha. This bed of cows consists in a mixture of manure and straw accumulated during the cold 6 months in which the cows are inside stall, this mixture undergoing a composting process during the warm months, to be then applied in field. After fertilization the soil was plow at a depth of 15 cm. A mixture of green manures (Saracen wheat, mustard, grasses, sunflower and others) was raised and sown. Due to a dry period after sowing of this mixture, germination was poor and the plants did not develop to cover soil before the first frost. Thus, the view of the area in December, January and February (Figure 14) was of a light soil cover from rye.

As in Hölle II rye developed rapidly, covering the soil in March. The lives of microorganisms and fauna, especially the earthworms, awoke among the rye roots, feeding on the last manure and straw that were still visible in soil. But as the goal was not the cultivation of rye, in the end of March soil was continuously prepared until it could receive the new crops. The entire plants and roots mass was broken and incorporated into the soil, a rich material that was quickly digested by soil organisms. In the first week of April the first plantings of root crops were made, carrots for seed production and early potatoes. But most of the area remained at rest, waiting the ideal planting season. The area in which profiles and soil collections were made, remained in rest throughout April.

The plants were not fully incorporated and grew again, covering the soil and creating new roots. The soil at this time presented a really beautiful structure (Figure 13), small angular blocks enveloped by white roots in the first 10 cm, followed by large angular blocks formed up to 30 cm, with the presence of many roots and no evidence of compacted layer. The roots grew through the rests of manure and straw, dominated earthworm channels, as if these channels were roads to the roots. Many earthworms were seen.

In May the soil was re-prepared continuously, the plants and roots were incorporated, and uncovered soil strips took the view, of what was once a green mass of plants. The plants green juicy and their roots quickly disappeared in middle of so much soil life. Irrigation was permanently set up so that beet planting for cows feed could be made. At the end of May, the beet seedlings were transplanted thanks to a great joint work ('mutirão' as we say in Brazil) among us students of Landbauschule and Walford school of Kassel. It took 2 weeks of intense work to plant the 2.5 ha of beet. These seedlings were received in a clean soil, prepared in such a way that the soil structure was not thin, with small blocks on the ground. Irrigation was performed whenever necessary, so that small plants did not suffer due to lack of water. After 2 weeks the seedlings had already released new roots and new leaves appeared among the old



ones. The constantly moist and full active soil and nutrients provided to these small plants all the food they needed.



**Figure 14.** View of Nidda area in December (a), March (b), April (c), May (d), June (e) and August (f); development of roots and plants consortium in March (a) and April (b) and beet for cows feed in June (c), July (d) and August (e).

By mid-June, one month after planting, the plants were in full growth, with a height of 30 cm above the ground full of large, vital green leaves. Its main pivotal root was deep more than 20 cm and secondary roots, white and active, were launched in several directions. By July the plants had closed the soil surface, with large, broad leaves leaning against each other. The main root started the secondary growth, fattening and accumulating substances and water in the region near the soil surface. This secondary growth was rapid, at 1 month some plants already had roots with 20 cm of height and 15 cm of width. An explosion of growth so great that the soil could not hold them inside, the roots needed space and the plants were pushed up

from the ground. The soil with its structure formed over 1 year was transformed and opened by the fat roots. In August this lateral root growth continued, but not as intense as July. Some plants fell as they were pushed out of the ground, waiting for the harvest time, which is expected to occur in October.

### **Analysis of pH, nitrogen and soil moisture**

In order to carry out these analyzes, soil samples were collected in 6 periods: November and December 2016, February, April, May and July, 2017. At depth of 0-10 cm, 10-20 cm and 20-30 cm. Samples were taken to laboratory for moisture and nitrate determination. Subsequent drying on the bench, maceration, sifting in 0.053 mm sieve and storage. Then, pH was determined in H<sub>2</sub>O. The results of these quantitative laboratory analyzes are presented in Table 1.

The results are closely related to temperature and humidity presented above. Soil Moisture and pH values show the same trends in all areas, rising in winter and decreasing in summer. The variation was small, so it would be not much commented. Nitrogen apparently does not follow a trend. It can be associated to the fertilization and rotation moments and the differed plants in each area.

**Table 1.** Soil moisture, pH in H<sub>2</sub>O, Nitrogen from 4 areas collected from November 2016 to July 2017.

























		November	Dezember	February	April	Mai	July
Heide	Moisture (%)	16,65	17,02	19,50	16,20	15,22	15,00
	pH H <sub>2</sub> O	6,67	7,10	7,10	6,67	6,55	6,40
	N (kg/ha)	75,00	74,00	71,00	81,00	80,00	78,00
Himmel	Umidade (%)	14,00	14,08	16,53	15,65	14,10	13,23
	pH H <sub>2</sub> O	7,03	7,11	7,25	7,35	7,15	7,05
	N (kg/ha)	72,00	71,00	69,00	77,00	79,00	77,00
Holle II	Umidade (%)	16,85	17,60	18,55	17,20	12,1	11,98
	pH H <sub>2</sub> O	6,95	7,05	7,15	6,66	6,40	6,66
	N (kg/ha)	66,00	68,00	66,00	73,00	74,00	74,00
Nidda	Umidade (%)	20,56	21,66	23,20	20,4	17,8	15,33
	pH H <sub>2</sub> O	7,19	7,39	7,45	7,39	7,19	7,15
	N (kg/ha)	95,00	89,00	80,00	90,00	89,00	70,00

For example, in the Himmel strasse area, where crops were implanted, N increased when spring started in April and kept increasing until July. It can be related with the more activity of biological nitrogen fixation and the fertilization with compost at end of May.

### **The perception of rhythm and areas in chromatography images**

All these descriptions of formation, classification, morphological characteristics, temperature, humidity and the annual rhythm of soil and the development of plants and soil sought to create images from each area. These images will be the basis for the interpretation and perception of the shapes and forces of the chrome. The same samples collected for the quantitative analyzes were used to chromatography. The soil chromas of all areas are presented in a compact form in Table 2. But presented so small, compressed into a table, the images and their details become difficult to observe. For this reason, Figure 15 shows cuts of chromas of area Heide, distributed in a circular way throughout the months. At a first look these cuts are very similar to each other, but in a closer observation details and differences arise. First I will try to describe common characteristics of all chrome.

**Table 2.** Chromas of soil from 4 areas collected from November 2016 to July 2017.

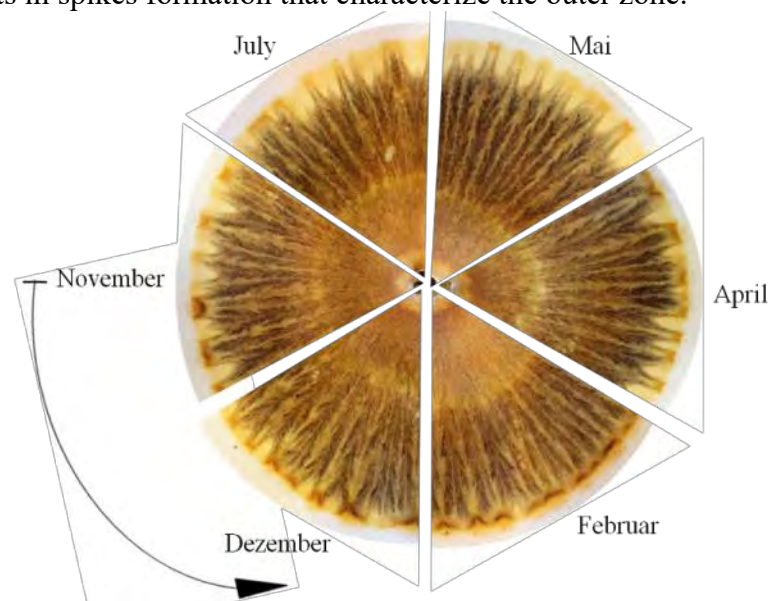
	Heide	Himmel	Hölle II	Nidda
November				
Dezember				
Februar				
April				
Mai				
July				

The central zone is small, approximately 0.5 cm in radius, light yellow or cream colour. The intermediate zone or mineral zone then starts with a light brown coloration. This coloration evolves into darker shades continuously until the end of the zone.

A concentric circle stands out, approximately 3 cm from the center. With light brown coloration in contrast to the final part of the zone that has dark brown coloration. But in spite of the circle the zones present integration, mainly because of the channels.

The central zone is small, approximately 0.5 cm in radius, light yellow or cream colour. The intermediate zone or mineral zone then starts with a light brown coloration. This coloration evolves into darker shades continuously until the end of the zone. A concentric circle stands out, approximately 3 cm from the center. With light brown coloration in contrast to the final part of the zone that has dark brown coloration. But in spite of the circle the zones present integration, mainly because of the channels.

These channels appear fine at the beginning of inner zone, with the same light brown coloration of this beginning. As the brown of the inner zone goes dark the channels remain clear and progressively widen. After the concentric circle, other secondary channels arise from the main channel, like arrows cutting air. These channels bring integration and dynamics to the chroma, especially to the inner zone. They are distributed rhythmically along the circle, that is, with each constant space appear a channel, constant and rhythmic like the heart beat. The canal results in spikes formation that characterize the outer zone.



**Figure 15.** Soil cromas from area Heide sampled in November 2016 until July 2017.

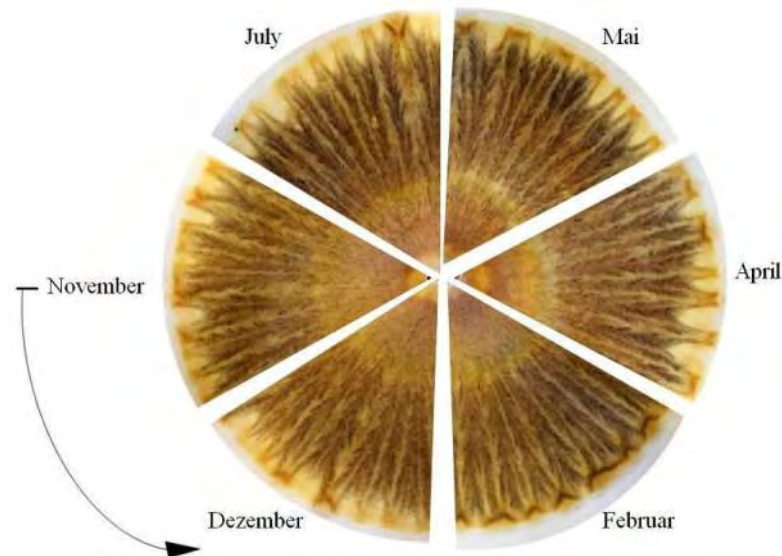
By observing the canals, spikes and outer zone is possible perceive differences between the seasons of the year. In November the canals end in short spikes, they appear to be cut in the half and don't show their tips.

Fine and wide channels alternate in the rhythm in which they are distributed in chroma. In December spikes are shorter and cut, the channels are wide and the secondary channels are not well identified, they seem like channels that take a lot of water. February no longer presents spikes or any outer zone, remembering this zone represents the microbial activity. The inner zone dominates the entire chroma, concentrating on border. But channels are thinner and homogeneous, at a more constant space than the previous.

In April the spikes are very similar to November, they seem cut, but the canals are finer and rhythmic as in February. In May the spines appear complete, extending throughout the outer zone until their end at the border of chroma. The channels are fine and perfectly rhythmic, even the secondary channels emerge at equal times, like perfect arrows carrying light beyond chroma. July shows the same full spines, an irradiation that comes from the center to the border. The channels are rhythmic, with alternating thin and wide channels, not

perfectly fine as May, but bring to the chroma a greater dynamic, the chroma seems to be in motion in the summer.

Now look at Figure 16, where the cuts of cromas from Himmel acker Strasse are organized. There are many similarities to Heide's chromas. Mainly in relation to colours with degrade from light to dark brown. The general shape of zones and channels is also similar, with a small cream coloured central zone, followed by the broad inner zone. But when observing this inner zone, we see that its colours do not evolve rhythmically, from a light tone to dark. The circle is wide and clearly divides the inner zone into two parts. One part is central with light brown coloration and the other part is dark brown contrasting.



**Figure 16.** Soil cromas from area 'himmel acker' sampled in November 2016 until July 2017.

This circle divides the part that indicates minerals from the part that indicates humus in chroma, demonstrating a space between these two soil fractions. The integration between these two parts does not occur rhythmically as in Heide's chromas area. The channels that contribute to this integration are present, starting at the most central part of inner zone, but not having the same coloration as this part. They are lightly coloured, but not exactly the light brown of the central inner zone, have the coloration of the concentric circle. So they seem to appear in the circle in direction of border, they do not seem to integrate the inside with the outside, fortifying a division of chroma in two parts. The distribution of the channels is rhythmic, always appearing at similar intervals. The channels are thinner than those in Heide, and the secondary channels emerging from the main channel are thin and rhythmic, giving a delicate aspect to the channel's irradiation.

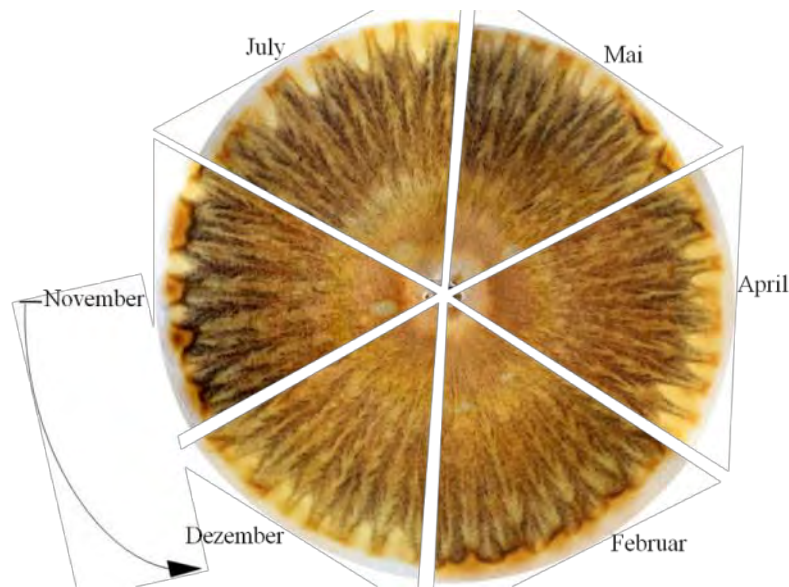
This thickness of channels changes depending on the time of year, November, February and July stand out for the finest and rhythmic channels. But even in the other months the main channels remain thin the secondary ones intensify and appear with greater force. The difference over the months is mainly noticed in the pattern of the external zone and the spikes, in November and December the spikes appear cut, in February there are no spikes or external zone, only the inner zone dominating chroma, reaching to the border and accumulating substances. As if there were a force to run and spread in the chroma, needing so much space that the outer zone does not appear.

In April the spikes reappear, partly cut and partly not. Short and long spines distribute without homogeneity or order. In May and July, the spines returned to homogeneity, being still cut, but more rhythmic.

Considering the shape of the outer zone the February and July chrome are almost opposite. Observing the triangles of chromas of Hölle II in Figure 17, it is note also that they

are similar to cromas from Heide and Himmel areas, mainly due to the colours and distribution of zones. The concentric circle is present, but not as wide or prominent as in Himmel area, there seems to be greater integration in the inner zone, as in Heide.

These integration appear because of the continuation of colours from beginning to the end of this zone and because the channel passing through the circle taking the colour of the center in itself. The specific characteristics of the chroma, channels and spikes, are markedly different from the chromas presented above. The channels do not have homogeneous size, there are wider interspersed by thinner channels. These wide channels dominate the vision. Both, main and secondary channels, arising giving a bulky appearance to them. There are fewer channels in each triangle, but the volume of each is larger. The chroma seems to be dominated by the channels, which gives another characteristic to chroma irradiation. Irradiation does not seem to radiate just light colours and light, as in other areas, but it seems that radiate something liquid with the light. As if something bulky spreads along the path, like a cut through the chroma.



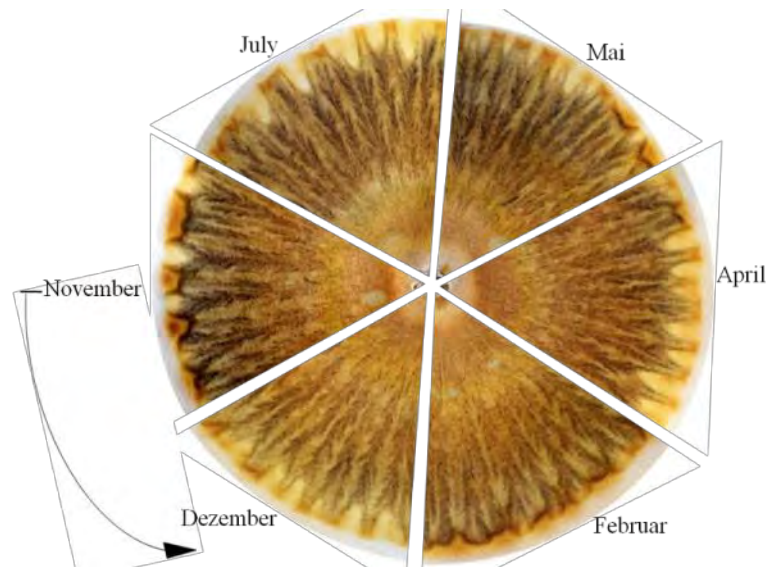
**Figure 17.** Soil cromas from area 'holle II' sampled in November 2016 until July 2017.

The spikes are also characteristic of this area, they do not arise rhythmically, the spaces between the spikes are not the same. As in a song in which the intervals between notes determine the rhythm, in these chrome the interval between the spikes determines its rhythm. The distribution of large and small spines is also not rhythmic, sometimes wide spikes appear and then thin or double or small spines, without order.

The difference between months is also marked in the outer zone and in the spikes. Highlight for February that has no spikes or external zone, again with a strong internal zone that dominates and reaches the border of chroma. July presents opposing features, with large and uncut spines in general, presenting a well-formed outer zone. In other months the spikes appear, but they are cut in middle as if representing intermediate states between winter and summer.

Now looking at the chromas of Nidda area in Figure 18, we see similarities with the other areas in colour and distribution of zones. The concentric circle is present and is wide yellow, but at the same time is integrated with the colours of the inner zone. This integration appears through the channels, they begin at the central inner zone, already wide and bulky. They pass through every internal zone increasing in volume and at same time releasing wide secondary channels along the way.

Larger than channels in chromas from Hölle II. These secondary channels emerge from the main channel in points, as if there were impulse points along the main line where emergence secondary lines. The appearance of secondary channels does not follow a rhythm, these impulse points arise at different distances. The result is wide and bulky channels, but with different shapes and patterns, gives an impression of disorder. The channels dominate the inner zone and the chroma view, are strong and striking. The general form of the canals seems bulky and liquid, as if they radiate something liquid, taking water from the center of chroma to border, leaving a trail of water along the way. Liquid is a more dense form of matter than air or light, to carry a liquid requires more force than to carry light. So, I have the impression that the Nidda channels are stronger than the channels of other areas.



**Figure 18.** Soil chromas from area 'nidda acker' sampled in November 2016 until July 2017.

In the same way the inner zone seems to be stronger, dominating the chroma and reaching to the border in November, February, May. More intensely in February, it accumulates on border indicating the strength of inner zone. But in the other months the outer zone is small and subtle. July can be considered the month with greater outer zone and spikes, in contrast with February, but still appear there are cut off and without a rhythm. The space between each spine and their size is not rhythmic. We can say that in general the chroma of Nidda does not present rhythms, either in channels forms, in distribution of secondary channels, in the form of outer zone and in distribution and size of spikes or even in the accumulation of substances on the border.

Putting together all these individual observations from each area, one can see a pattern that is repeated in all areas. The chromas collected in winter (February) are almost polar to those collected in the summer (July). In winter the outer zone is not visible and the inner zone extends to the end of the chroma. This zone, which represents the minerals and the organic matter fraction of soil, dominates the whole chroma. Just in the winter where the vitality is concentrated in the soil and when the crystallizing and formative forces are acting more intensely in the minerals. The outer zone that represents the microbial activity disappears, is dormant in the winter.

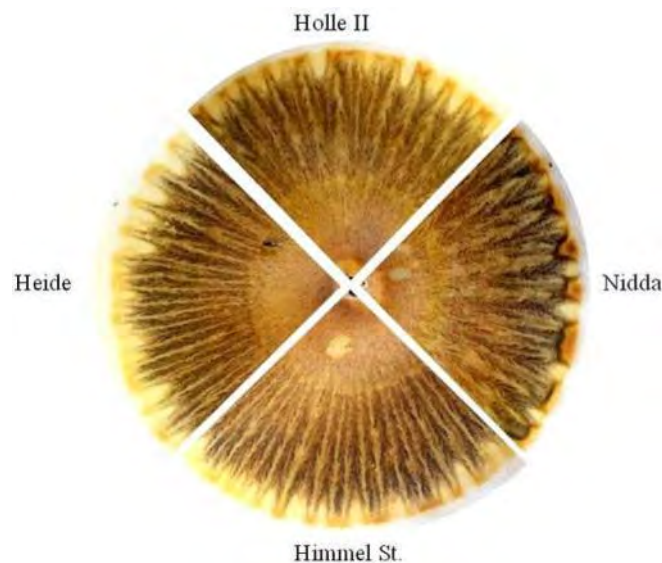
My feeling about these winter chroma is that I made a mistake in the methodology, as if chroma needed more filter paper to reveal the outer zone. As if they were saying "I have a strong impulse and I need more paper to reveal myself completely". But at the moment that we are doing chromas the methodology is the same for all, all the samples run up to the 6 cm

radius mark, we cannot let the sample run beyond that point. Only when the colours and forms are revealed in contact with the light we notice this strong impulse.

In summer, the outer zone, which indicates the microbial activity, appears and dominates the edge of the image, bringing spikes and channels, to a greater or lesser extent depending on the area. The formative forces at this time of year are not only concentrated in the mineral part of the soil, but mainly in microbiological life and plants that develop in it. The chroma of later spring and summer present more dynamic forms, irradiation, as if they radiate more force from itself. Relation to soil function at this time of the year, to feed the life that develops in it without concentrating anything in itself, radiating vitality out.

Throughout the description of the chrome of each area, some comparisons between the areas were made to facilitate the characterization of each one. To make clear the individualities of each area and its characteristics, Figure 19 presents chromas triangles from November of the 4 areas organized in circle.

Note that channels and Spike forms the most specific characteristic of each area. As was said this are forms with great relation with micro-cosmic aspects, as the landscape, soil type, nutrients and humidity. On extreme sides are the chromas from Heide and Nidda, their forms are clearly opposite. The Heide chromas show thin channels in larger numbers, but not voluminous, appear to radiate light and lines, which run through the chroma releasing non-stop secondary channels. These channels end in complete spikes, as if the light were brought from chroma center and carried to the border, ending in the outer zone, like a clear yellow cloud. The channels and spikes are distributed and present in rhythmic and uniform way, without surprises. The forces of this chroma is related to light, expansion, rhythm and clean forms. This forces can be denominated 'masculines' and related to warmth and light ethers.



**Figure 18.**Chromas triangles of the 4 areas from soil collected in November 2016.

Already chromas fromHölle II seem to be in a halfway between Heide and Nidda. Himmel's chroma seems similar to Heide's, but with slightly thicker channels and stronger concentric circle.The chromas from Nidda area have large and voluminous channels, as if carrying liquids within them. They radiate circular shapes. The channels cross the chroma releasing secondary channels at impulse points. The channels forms are not homogeneous; each channel has a unique form and the distribution of the secondary channels does not follow a pattern. The chroma doesn't show much rhythm in channels form and distribution. The channels reach the border with force, carrying substances that accumulate in the end. The spikes and external zone don't appear, they are inhibited before such force of channels and



inner zone. The chroma force is related to water, concentration, thickening of substances, circular, square and heavy forms. These forces can be denominated 'feminine' and related to life and chemical ethers.

When remembering the position of each soil in the topography it is noticed a similarity between the characteristics of chromas. Heide is located high on the landscape with a light and characteristic lightness. The soils are lightweight, with block structure, aeration and easy to be worked in relation to the Nidda area. The Nidda area is located in the lower part of landscape, next to the river, in constant relation with the underground groundwater. The area is shrouded by trees and shrubs, as if enclosed in itself, concentrating. The ground is heavy, with structures in hard blocks and without much aeration, difficult to be worked on.

### **Some perceptions**

By observing and describing the soil characteristics of each area, landscape, plants that developed there and the variations of the year, we sought to create an image for each area. Seeking a dialogue with what was observed and studied in order to perceive qualities and forces of each area. On the other hand, by the observation and description of the chromas it was possible to perceive a pattern of specific forms and colours of each area. With the addition of images and patterns some relationships between the characteristics present in the area with the characteristics present in the chroma were found. Characteristics that come from forces effects. A possible bridge between the perception made in nature and the perception of chroma forms.

Some patterns in the chroma should be highlighted. The macro-cosmic characteristics of the sample are perceived in the irradiation patterns of zones, for example in the difference between milk and soil. The microcosmic characteristics of the samples were observed in the patterns of the spikes, channels and circles, for example, in the differentiation between the soils. Even clearer was the perception of the rhythm of the year. Winter chromas have characteristic patterns and were noticed in all areas, even though the specific patterns of each area. In winter the mineral and organic parts of soil were strong, whereas in summer the microbial activity was strong in balance with the mineral. Already the specific differences between treatments of the experiment and over the years were difficult to be noticed. Because of the lack of dedication, studies, patience and time.

### **Bibliography**

FOLLADOR, B. Composting as a Free Deed: Being and Becoming. **Star & Furrow**, Issue 121 June. 2014.

FOLLADOR, B. Portraying Soils and Compost: Color, Form, and Pattern. **In Context #34**, Fall, 2015.

HAAS, M. **Seelische Kartierung des Dottenfelderhofes**. Projektarbeit Landbauschule Dottenfelderhof, 2014.

HASSOLD-PIEZUNKA N. **Eignung des Chroma-Boden-tests zur Bestimmung von Kompostqualität und Rottegrad**. Dissertation for a doctor degree presented at the Department of Mathematic and Natural Sciences. Oldenburg: Carl-von-Ossietzky- University (in German). 2003.

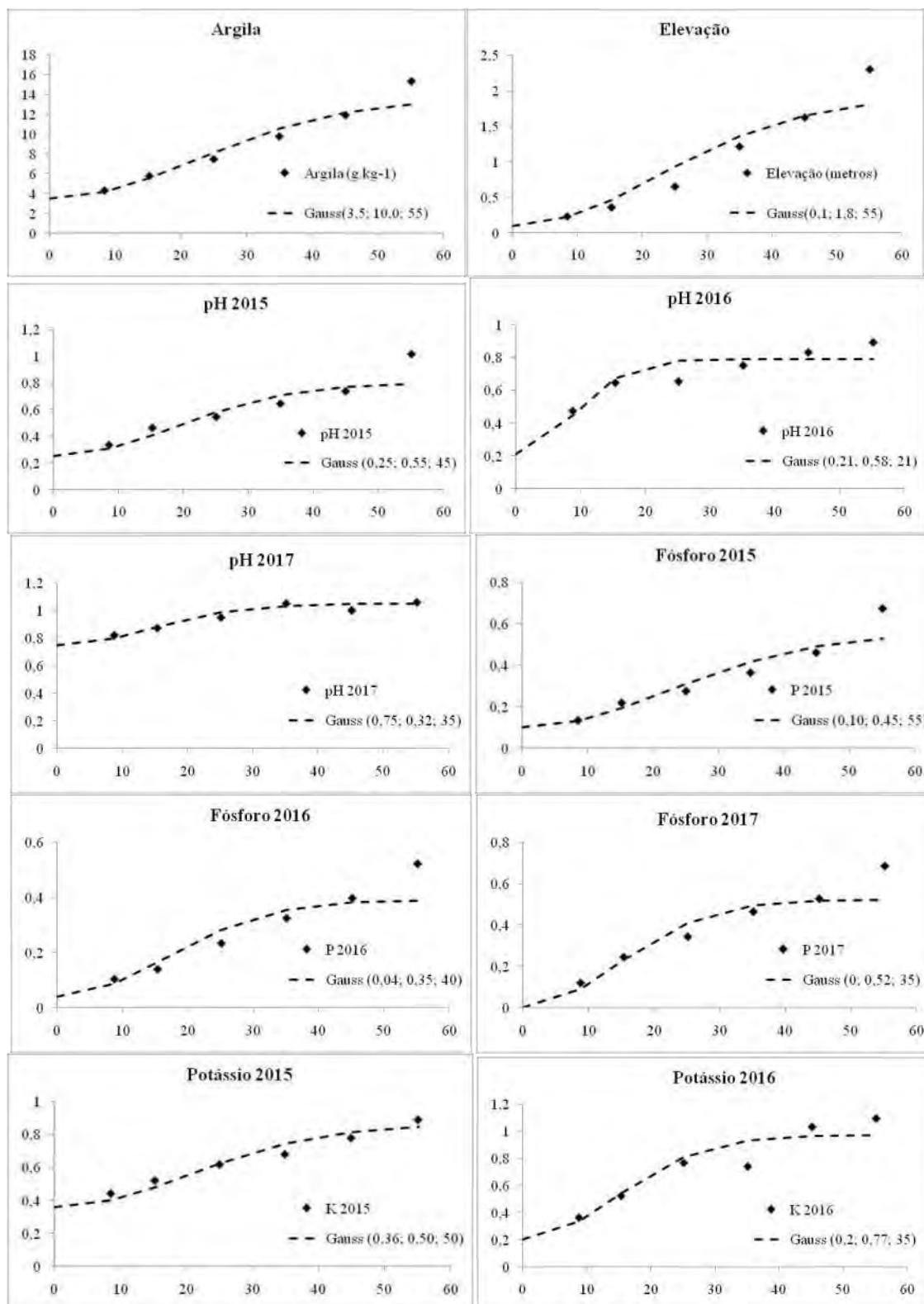
HAUSCHKA, R. **The Nature of Substance**. Rudolf Steiner Press, London, 1983.

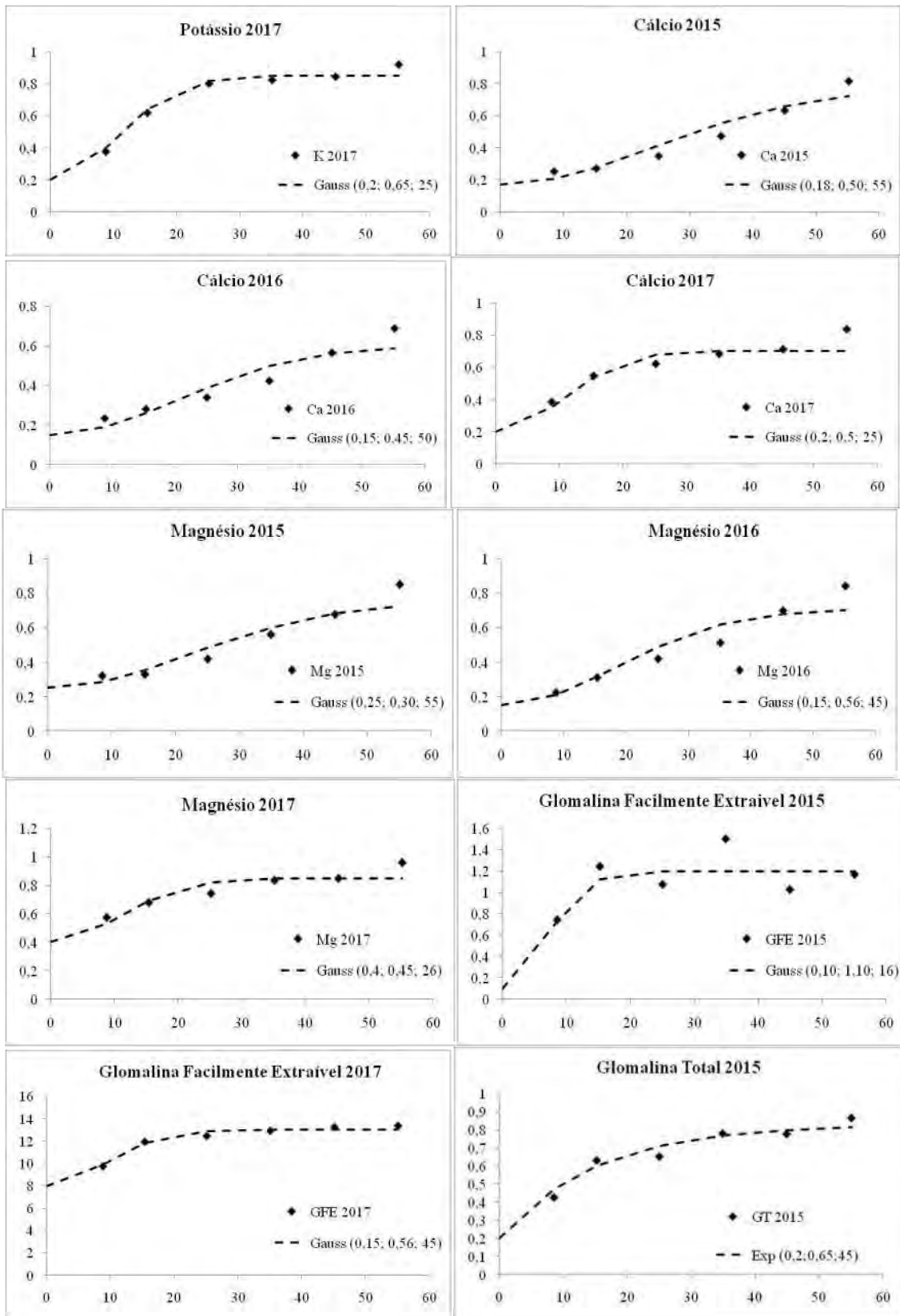
KOKORNACZYK, M. O., et al. Analysis of soils by means of Pfeiffer's circular chromatography test and comparison to chemical analysis results, **Biological Agriculture & Horticulture**. 2016.

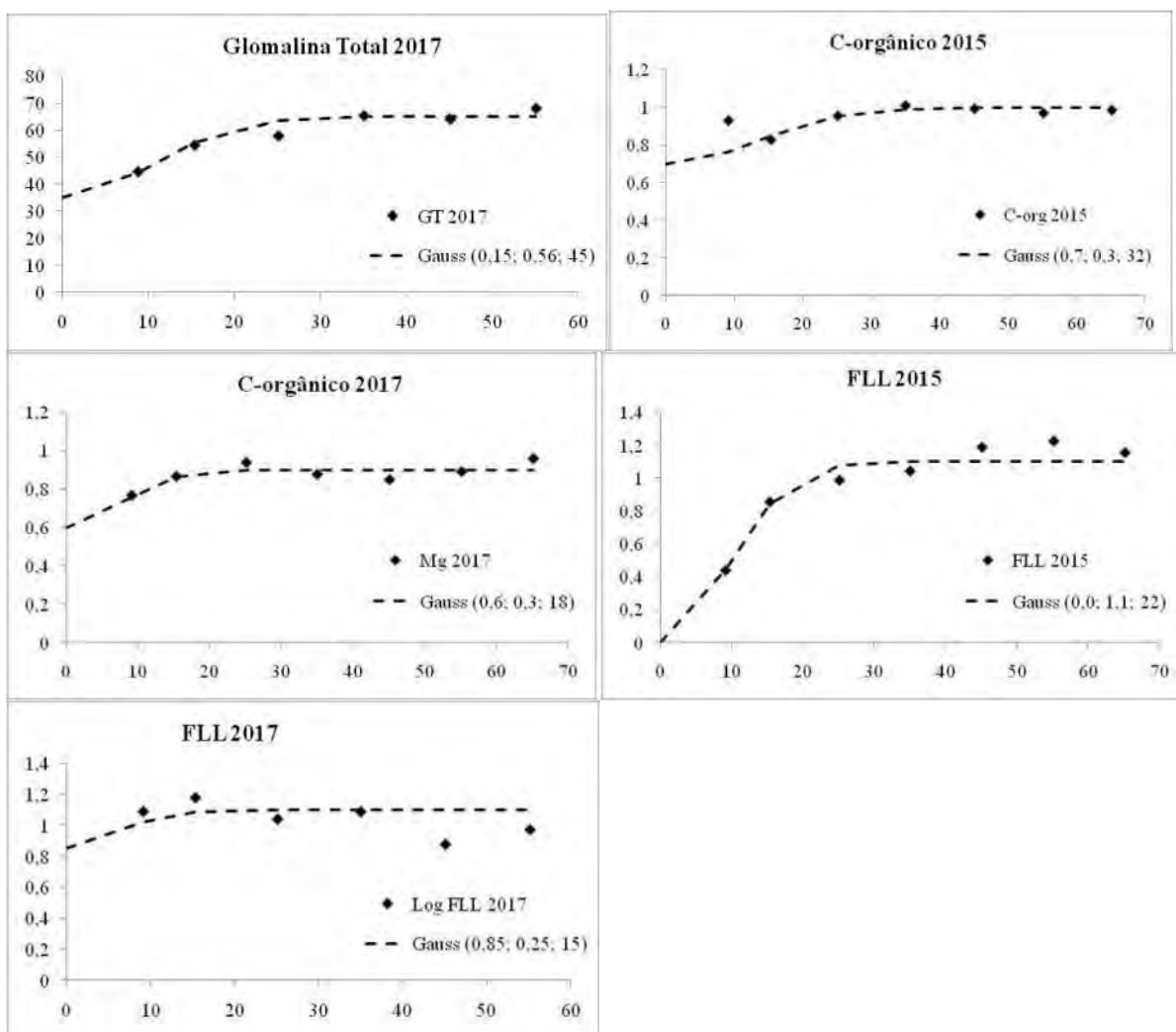
- KOLISKO E, KOLISKO L. **Agriculture of tomorrow**. 2nd edn. Bournemouth, UK: Kolisko Archive. 1978.
- KOLISKO E, KOLISKO L. **Silver and its Connection with the Human Organism**. Kolisko Archive Publications 1978.
- MARTI, E. **The Four Ethers: Contributions to Rudolf Steiner's Science of the Ethers, Elements-Ethers-Formative Forces**. Schaumburg Publications, 1984.
- MASEDA, M. T. **Desarrollo y Caracterización Del metodo de Dinamolisis Capilar para el Análisis de Suelos Contaminados**, Estudios de lossuelos de Linares. Madrid. 2016.
- MEYER, T. **Ehrenfried Pfeiffer: A Modern Quest for the Spirit**. Mercury Press, 2010.
- PERUMAL, et al. Innovative and simplest alternative analytical technology(AAT) for testing soil nutrients, **Journal of Soil Science Research** 1(1). 2016.
- PFEIFFER, E. **Chromatography applied to quality testing**. Biodynamic literature, Wyoming, 1984.
- PINHEIRO, S. **Cartilha da saúde do solo – Cromatografia de Pfeiffer**. Juquira Candiru Satyagraha, 2011.
- RIVERA, J. R; PINHEIRO, S. **Cromatografía – Imagenes de la vida e detrucción del suelo**. Juquira Candiru Satyagraha, 2011
- SPALT, T. **Seelisches Beobachten in der Natur**. Projektarbeit Landbauschule Dottenfelderhof, 2011
- STEINER, R. **Ciência oculta: Esboço de uma cosmo visão supra-sensorial**, 4º edição. Editora Antroposófica. 2010.
- STEINER, R. **Fundamentos da Agricultura Biodinâmica**. 3º edição. Editora Antroposófica, São Paulo. 2010.
- VOITL, H. AND GUGGENBERGER, E. **Chroma-Boden-Test: die Bodenqualität bestimmen, bewerten und verbessern: ein nützlich-ratgeber für Landwirte, Berufs- und Hobbygärtner**. Verl. Orac, Wien, 1986.
- WACHSMUTH, G. **The Etheric Formative Forces in Cosmos, Earth and Man: A Path of Investigation into the World of the Living**. Vol. I. Anthroposophic Press, New York, 1932.

## Anexo II. Semivariogramas experimentais

Na Figura 7, o eixo x representa os valores das distâncias (metros) e o eixo y os valores da semivariância.







**Figura 1.** Semivariogramas experimentais dos atributos argila e elevação do ano agrícola de 2012, pH, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, carbono orgânico, fração leve livre, glomalina facilmente extraível e glomalina total dos anos agrícolas de 2015, 2016 e 2017 no Módulo de cultivo Orgânico Diversificado de Hortaliças.

\* pH - Potencial Hidrogenionico; P – Fósforo ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ); K – Potássio ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ); Ca – Cálcio ( $\text{cmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ); Mg – Magnésio ( $\text{cmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ); GFE - Glomalina Facilmente Extraível ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ); GT - Glomalina total ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ); Eixo x = Distância (metros); eixo y = semivariância; Legenda = Modelo (C0; C1; alcance).